

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

陈彦飞¹, 鲁超¹, 赵勇², 成永忠², 乔锋¹, 侯成志², 辛颖¹, 刘广伟²

(1. 西安交通大学附属红会医院骨科, 陕西 西安 710054; 2. 中国中医科学院望京医院骨伤综合科, 北京 100102)

【摘要】 目的: 在筋束骨理论指导下, 基于膝关节有限元模型研究铍针松解髌骨外侧支持带改善髌股关节应力集中的机制, 阐释铍针松解术改变髌骨运行轨迹及降低髌股关节压力的生物力学机制。方法: 获取 1 名正常男性(年龄 29 岁, 身高 171 cm, 体重 58 kg) 膝关节 CT 资料, 从膝关节的三维有限元模型构建入手, 经几何重建、逆向工程、网格划分、材料赋值以及加载分析等步骤, 建立筋、骨结构完整的膝关节有限元模型, 加载条件设置为膝关节垂直加载 500 N 负荷, 股四头肌腱承受平均值约为 200 N 的牵张应力, 分别在有限元模型屈膝 30° 位和屈膝 90° 位状态, 模拟铍针松解髌骨外侧支持带, 对比研究不同屈膝状态下铍针干预对髌股关节应力集中的改善情况。结果: 铍针松解髌骨外侧支持带后髌股关节和胫股关节的应力峰值较干预前均有所下降, 分别为: (1) 屈膝 30° 位, 髌骨软骨下降 0.498 MPa (下降 9.06%), 股骨滑车下降 0.886 MPa (下降 16.27%)。 (2) 屈膝 90° 位, 髌骨软骨下降 0.558 MPa (下降 8.6%), 股骨滑车下降 0.607 MPa (下降 9.94%)。结论: 铍针松解髌骨外侧支持带可有效缓解髌股关节的应力集中并降低局部应力峰值, 有利于改善髌骨的运动轨迹并使应力分布更加均匀。

【关键词】 髌股关节; 有限元分析; 铍针; 髌骨外侧支持带

中图分类号: R35

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.02.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Finite element analysis on stress concentration improvement in patellofemoral joint by releasing lateral patellar retinaculum with stiletto needle based on the theory of Jinshugu (筋束骨) CHEN Yan-fei, LU Chao, ZHAO Yong*, CHENG Yong-zhong, QIAO Feng, HOU Cheng-zhi, XIN Ying, and LIU Guang-wei. *Department of Orthopaedics, Wangjing Hospital of China Academy of Chinese Medicine, Beijing 100102, China

ABSTRACT Objective: To study mechanism of improvement of stress concentration on patellofemoral joint by stiletto needle releasing lateral patellar retinaculum guided by the theory of *Jinshugu* (筋束骨) and based on the finite element model of knee joint. and to elucidate the biomechanical mechanism of stiletto needle releasing changing patellar trajectory and reducing patellofemoral joint pressure. **Methods:** CT data of knee joint from a normal male (aged 29, heighted 171 cm, weighted 58 kg) was selected. Starting with construction of three-dimensional model of knee joint by using finite element software, the finite element model of knee joint with complete tendon and bone structures were established through several steps, such as geometric reconstruction, reverse engineering, meshing, material assignment and loading analysis. The loading condition was set as 500 N load on knee joint, and the average tensile stress of quadriceps femoris tendon was about 200 N. To simulate the release of lateral patellar retinaculum by stiletto needle at 30 and 90 position of knee flexion in finite element model separately, and to compare the improvement of stress concentration of patellofemoral joint by stiletto needle intervention under different knee flexion conditions. **Results:** The peak stress of patellofemoral joint and tibiofemoral joint decreased after stiletto needle releasing of patellofemoral lateral retinaculum compared with before intervention, which was (1) knee flexion at 30 degrees: patellar cartilage decreased by 0.498 MPa (decreased 9.06%), femoral trochlea decreased by 0.886 MPa (decreased 16.27%); (2) knee flexion at 90 degrees: patellar cartilage decreased by 0.558 MPa (decreased 8.6%), femoral trochlea decreased by 0.607 MPa (decreased 9.94%). **Conclusion:** Releasing lateral patellofemoral retinaculum with stiletto needle could effectively alleviate the stress concentration of patellofemoral joint and reduce local stress peak value, which it is helpful to improve patellar trajectory and make stress distribution more uniform.

KEYWORDS Patellofemoral joint; Finite element analysis; Stiletto needle; Lateral patellar retinaculum

基金项目: 陕西省科技厅自然科学基金基础研究项目(编号:2017JM8118); 中央级公益性科研院所基本科研业务费自主选题(编号:ZZ11-034); 北京市科委首都临床特色应用研究与成果推广项目(编号:Z151100004015158)

Fund program: Natural Science Foundation Research Program of Shaanxi Department of Science and Technology (No.2017JM8118)

通讯作者: 赵勇 E-mail: zhaoyong423@163.com

Corresponding author: ZHAO Yong E-mail: zhaoyong423@163.com

髌股关节的病理性应力高压多见于髌股关节炎,此类退变性病变属于膝关节炎的一部分,其中 67% 的患者为孤立性髌股关节炎,以 40~50 岁的女性多见^[1]。其实质为膝关节的生物力学机制失衡,造成局部应力集中,并产生始于软骨磨损的病理改变^[2]。中医学将其归属为“痹症”“膝痹”范畴,认为此类退变的本质在于肝肾亏虚,精血不足以供养筋、骨而致,生理构造上的筋骨统一性及相互功能上的协调性要求在治疗中筋骨并重^[3-4]。临床上使用铍针治疗膝关节退行性病变效果明确,但其诊疗机制尚不清晰。本研究在筋束骨理论指导下,借助有限元分析技术从生物力学方面阐释铍针松解术的作用机制,以期为临床研究提供科学依据,进一步增强中医特色诊疗的说服力,并为其他中医有创操作治疗筋骨疾病提供新的研究方法思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 硬件设备 多层螺旋 CT 机(西门子公司 SIEMENS,德国)64 排螺旋 CT 机;120 型光盘(容量 4.7GB);计算机:联想 ThinkStation 工作站(Windows 8.1 操作系统,CPU Intel Pentium P 6000,内存 32 G,CPU 主频 1.86 GHz,显存 8 GB)。

1.1.2 软件设备 本研究所采用软件数据宽度均为 64 位,可满足三维动画和机械分析,包括:(1)三维膝关节模型的构建。Mimics 19.0(Materialise 公司,比利时);Solidworks 2016(达索 SIMULIA 公司,原 ABAQUS 公司,美国)。(2)有限元模型的分网及分析软件。Hypermesh 12.0(Altair 公司,美国);Ansys 18.0(ANSYS 公司,美国)。

1.2 研究对象

依据 GB10000-88 国家标准 50 百分位数据,自愿招募 1 名成年健康男性,年龄 29 岁,身高 171 cm,体重 58 kg,被扫描的膝关节无发育性畸形及外伤性形态改变。志愿者对研究目的及可能性的医疗辐射损害知情,并经伦理委员会审核同意。志愿者膝关节在扫描成像过程中处于非负重、伸膝中立位,保持足趾垂直于水平面,使髌骨在上。采用 Brightspeed 扫描仪(GE 公司,美国)对志愿者右膝关节自股骨中下 1/3 至胫腓骨上段行全程扫描,扫描条件为层厚和层距均为 1 mm,进而获取膝关节的坐标资料。本次 CT 扫描成像共 339 张,扫描获得的断层图像数据以 DICOM 格式刻录于光盘以供计算机软件提取。

1.3 研究方法

1.3.1 膝关节三维实体模型的构建及网格划分 首先将 CT 资料导入 Mimics 软件中提取骨性结构,骨骼的灰度值范围为 226~3 040,提取的骨骼经优化

处理及编辑,分层形成不同骨质与软骨层;软组织的构建基于解剖基础并依赖于手动绘制提取。模型总计构建结构单元 14 个(骨结构 4 个,韧带 4 组,半月板 2 个,髌骨支持带 2 组,髌韧带及股四头肌腱各 1 个),细化的组织单元可达 21 个,更多软组织结构的构建也符合中医学筋束骨理论。经影像数据提取、阈值界定、区域生长、几何重建、逆向工程等形式形成膝关节三维有限元模型。网格划分是将已经成形的有限元模型整体划分成若干小的网格单元集合,分网的合理性与网格的质量决定了有限元分析的质量。采用 Hypermesh 12.0 软件进行模型分网,有限元模型皮质骨多选用六面体单元,松质骨则以四面体单元为主,在膝关节模型表层行八节点六面网格划分,以皮质骨表面的四边形网格为基础,向内将松质骨划分生成四节点四面体网格。本研究中膝关节模型的总网格数为 631 029 个,节点数为 185 291 个。

1.3.2 定义材料属性 有限元模型中骨骼组织和实体韧带单元的材料属性参照既往的组织材料性质研究结果进行赋值^[5-6]。有限元研究人体生物力学的模型中将骨骼定义为刚性材料,即试验加载过程中不考虑骨质的负荷性变形;软骨组织视为单相的各向同性线弹性材料;半月板视为横向同性材料^[7]。不同个体皮质骨的弹性模量有差别,但基本介于 7 000~12 000 MPa 之间。本研究中膝关节有限元模型各组成结构单元的材料属性如表 1 所示。参照既往研究中建模韧带参数设定^[5,8],本研究在 Abaqus 软件中将韧带定义为仅承受牵张应力的 Ogden-3 型非线性超弹性材料,以弹簧单元代替,基于韧带起止点的应力牵拉,本研究采用弹簧单元组模拟单一韧带。根据各条韧带解剖学特点,在膝关节模型表面选取对应的起止点创建弹簧单元,最终重建出侧副韧带(2 组)、交叉韧带(2 组)及髌骨支持带(2 组)。

1.3.3 确定加载条件 人体双足站立静态位置下单膝承重约为体重的 43%,单足站立静态位则承受 93% 的体重,为了近似模拟其行走过程中单膝负载,即选择相对静止情况下的单膝承重,本研究志愿者的体重为 58 kg,按相对行走静立位单膝承重为 58 kg×0.93=53.94 kg,近似换算以 500 N 定义加载。Grood 等^[9]研究指出在股骨恒定位置时,通过胫腓骨的活动从屈膝 90°到伸膝位过程中,股四头肌腱承受平均值大约为 200 N 的牵张应力。本模型加载参数设定为在不同的屈膝角度下,即膝关节屈曲 30°位、90°位,各屈曲角度又分为铍针干预和对照两组,对股四头肌上端施加 200 N 的拉力,对膝关节施加 500 N 的垂直载荷。为了保证有限元弹性单元的完整性和与实际临床相切合的仿真效果,在有限元模

表 1 膝关节主要实体结构的材料属性^[5-6]

Tab.1 Material properties of the main solid structures of knee joint

组织结构	弹性模量(MPa)	泊松比	密度(g/mm ³)
皮质骨	12 000	0.30	1.50E-6
松质骨	100	0.20	1.00E-6
软骨	15	0.30	1.20E-6
半月板	59	0.49	1.07E-6
骨四头肌腱	80	0.30	1.07E-6
髌腱	116	0.45	1.07E-6
韧带	215	0.40	1.07E-6

型中可以通过降低弹簧单元的刚度系数来调整而非直接解除韧带连接或者减少弹簧单元数目,本模型通过调整弹簧的刚度系数来调整为干预前的 80%。

2 结果

2.1 Mises 应力峰值

不同工况加载研究的结果显示:髌股关节的应力大小关系为屈膝 90°未干预>屈膝 90°干预>屈膝 30°未干预>屈膝 30°干预。铍针松解髌骨外侧支持带

后髌股关节和胫股关节的应力峰值较干预前均有所下降,分别为:(1)屈膝 30°位,髌骨软骨的 Mises 应力下降 0.498 MPa(下降 9.06%),股骨滑车软骨 Mises 应力下降 0.886 MPa(下降 16.27%)。(2)屈膝 90°位,髌骨软骨 Mises 应力下降 0.558 MPa(下降 8.6%),股骨滑车 Mises 应力下降 0.607 MPa(下降 9.94%)。见表 2。

2.2 应力部位及面积

以不同屈膝角度髌骨软骨的应力变化为例,结合等效力云图的应力变化发现:外侧支持带松解后,髌骨软骨的应力峰值随即下降,尤以外侧的高反应区减少明显;铍针干预后髌股关节的应力高反应区面积均明显下降,软骨之间的应力接触面积较干预前扩大(图 1-2)。胫股关节的应力则较干预前更加广泛地分布于胫骨平台和半月板的承载面上,随着应力承载面的扩大其所受到的应力峰值也下降。

3 讨论

中医学认为膝关节能正常活动依赖以筋、骨的协同作用,所谓宗筋束骨而利关节,筋联骨、骨络筋,二者协同为用,保证了关节的生理活动^[10]。髌股关节

表 2 膝关节屈膝 30°与 90°位各部分应力改变(MPa)

Tab.2 Stress changes in each part of knee flexion at 30 and 90 degrees(MPa)

条件	屈膝 30°					屈膝 90°				
	髌骨软骨	半月板	胫骨软骨	股骨髌软骨	股骨滑车软骨	髌骨软骨	半月板	胫骨软骨	股骨髌软骨	股骨滑车软骨
未干预	5.494	10.6	11.27	14.84	5.444	6.483	15.25	10.83	12.46	6.104
干预	4.966	11.09	10.52	13.71	4.558	5.925	16.76	8.92	11.91	5.497

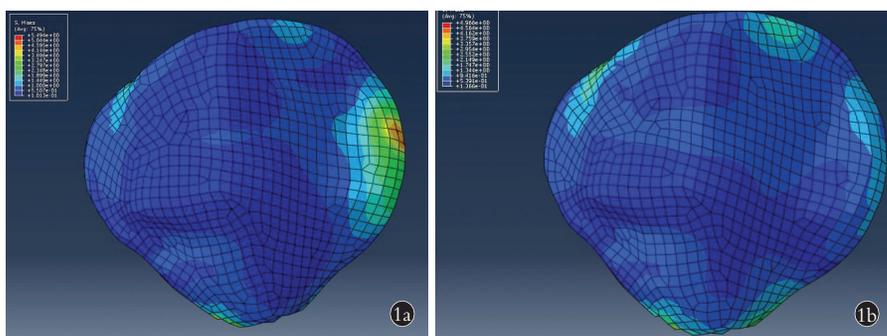


图 1 屈膝 30°髌软骨等效力云图 1a. 铍针干预前 1b. 铍针干预后
Fig.1 Equivalent force nephogram of knee flexion patella at 30 degrees 1a. Before intervention of stiletto needle 1b. After intervention of stiletto needle

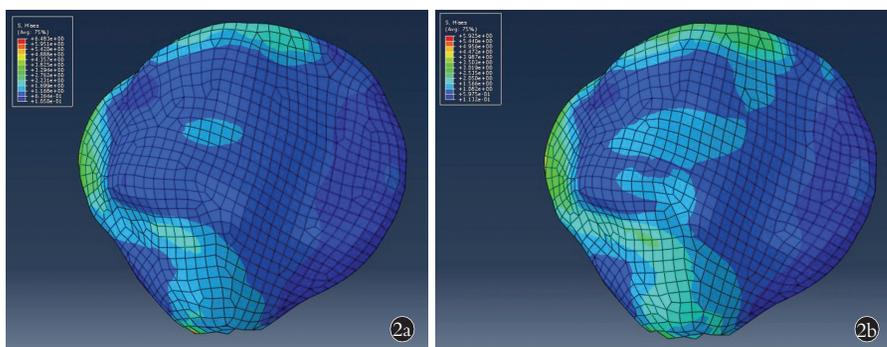


图 2 屈膝 90°髌软骨等效力云图 2a. 铍针干预前 2b. 铍针干预后
Fig.2 Equivalent force nephogram of knee flexion patella at 90 degrees 2a. Before intervention of stiletto needle After intervention of stiletto needle

的应力集中则为筋束骨作用失调,表现为髌骨运行轨迹偏移而产生局部的应力性高压。髌骨的稳定与其周围的软组织平衡结构密切相对,其中髌骨支持带的动态平衡作用尤为重要,它具有维持髌骨稳定,防止其内外移的作用,包括内侧支持带和外侧支持带两部分。其中内侧髌股韧带发挥了限制髌骨外移 53%~67% 的作用^[11],是防止髌骨外移最主要的韧带结构。髌骨外侧支持带包括外侧髌股韧带和横行支持带,外侧髌股韧带连于股骨外上髁和髌骨外缘,主要限制髌骨向内下方移动;而横行支持带则是经髌骨外缘连于髌胫束,其纤维排列致密宽厚,是限制髌骨内移的主要力量^[12]。临床上处理髌股关节紊乱可行髌骨外侧软组织松解,内侧结构紧缩^[13-14],临床疗效显著。但在早期髌股关节应力失衡时,手术干预则不被提倡,这就需要诸如中医针具或者手法调整,王芎斌等^[15]通过对 KOA 的电针治疗发现针刺治疗可提高膝关节的屈伸速度、频率及缩短时间参数,有利于改善膝关节的稳定性和促进退行性病变的康复。因此,通过调节软组织的生物力学平衡改善髌股关节的运行轨迹则符合中医学筋束骨理论,体现了治筋达骨、筋骨并重的特色理念。

铍针,又称为“铍刀”“剑针”,属于古代九针之一,有双刃,末梢似针,状如宝剑。《灵枢·九针论》:“铍针,取法于剑锋”,铍针最初的作用为切痈排脓,是中国医学中手术刀的雏形,这也从侧面印证了中医外科学的存在与发展。《灵枢·九针十二原》载有“铍针者,末为剑锋,以取大脓”之说。铍针松解髌骨支持带是治筋以痊骨痹,松筋以利关节,看似治筋,实则达骨,松解但不切割,治骨未伤骨,能起到筋骨并愈、标本兼治的效果。铍针的这种经皮松解以维持髌骨平衡的治疗与关节镜等现代手术学殊出同归,可有效改善髌股关节的应力压迫,而且体现了 CO 学派的微创特点^[3]。

本研究基于中医筋束骨理论及整体观念,为了得到铍针干预机制更加准确的生物力学数据,建立了包括骨等支撑性结构和软组织等连接装置在内的更加符合人体生理特性的仿真模型,这有利于增加研究的可信度。在筋束骨理念指导下,所建立的三维模型不仅包含了股骨下段、股四头肌腱-髌骨-髌韧带复合体、胫腓骨上段等较大形态结构,而且还塑造了半月板、交叉韧带、侧副韧带以及髌骨支持带等。模型建立以后需进行网格划分和材料赋值才能进一步的分析计算,由于骨的刚性远大于软组织,但其弹性应变小,故将骨与属于黏弹性材料的软骨一并视为各向同性线弹性材料^[16]。半月板与其接触的股骨软骨定义为摩擦系数为 0.001penalty(罚函数)的有

摩擦接触,运用接触计算几何非线性单元。由此形成的有限元模型筋骨结构完整,包含了 14 个主要生物力学结构,并对软骨与骨进行分层处理,与实体标本相似。实验中采用垂直负荷加载并动态模拟演示膝关节屈曲 30°和 90°时的髌骨运动轨迹,揭示了髌股关节应力的改变和铍针松解髌骨支持带所继发的应力分散情况,获得了客观有效的研究数据。该模型与既往的研究^[17]报道在等同工况加载时的应力分布、应力峰值等数据相似,说明了该模型是有效的,而且模型的动态旋转和伸缩能有利于更加直观地理解应力转换。

综上,髌股关节应力集中的铍针干预是以筋骨同源协同为基础,以中医经筋络理论为指导,通过髌骨外侧支持带的点状松解和局部应力性筋结的对症治疗^[18],结合有限元分析研究发现铍针松解髌骨外侧支持带可有效改善下肢的受力机制和髌股关节的活动轨迹,从软组织的维稳机制上改善骨性的生物学属性以及分散集中的压应力,其实质是通过减弱外侧支持带筋束骨的作用而相对增加了内侧支持带对髌骨的牵拉,这种此消彼长的应力使髌股关节的应力发生分散和转移,局部病理性的应力集中得以更加广泛地分散,有利于延缓软骨的退变。因此,铍针治疗的靶点在于筋,但其疗效在骨,通过松解穿刺,既有针之通络止痛、行气活血之功,又有刀之松解透刺功效,有利于改善应力和促进炎症物质的吸收,成为改善髌股关节应力紊乱的选择之一。

参考文献

- [1] Wyndow N, Collins N, Vicenzino B, et al. Is there a biomechanical link between patellofemoral pain and osteoarthritis? A narrative review[J]. Sports Medicine, 2016, 46(12): 1797-1808.
- [2] 李显, 赵力, 王淑丽, 等. 骨性关节炎患者膝关节软骨损伤的关节镜与 MRI 诊断分级研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(1): 29-32.
LI X, ZHAO L, WANG SL, et al. Arthroscopy and magnetic resonance imaging for the classification of knee articular cartilage injury in patients with osteoarthritis[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2017, 25(1): 29-32. Chinese.
- [3] 陈彦飞, 赵勇, 李元浩, 等. 基于“筋骨关系”探讨铍针治疗膝骨性关节炎[J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(8): 118-120.
CHEN YY, ZHAO Y, LI YH, et al. Discussion on Pi Zhen in treating knee osteoarthritis based on “Relations of Sinew and Bone”[J]. Zhongguo Zhong Yi Yao Xin Xi Za Zhi, 2018, 25(8): 118-120. Chinese.
- [4] 陈彦飞, 赵勇, 李元浩, 等. 从肝肾同源论雌激素与膝骨性关节炎的相关性[J]. 环球中医药, 2018, 11(4): 566-568.
CHEN YY, ZHAO Y, LI YH, et al. Discussion on the relationship between estrogen and knee osteoarthritis from the theory of “the homology of liver and kidney”[J]. Huan Qiu Zhong Yi Yao, 2018, 11(4): 566-568. Chinese.
- [5] Pena E, Calvo B, Martinez MA, et al. A three-dimensional finite ele-

- ment analysis of the combined behavior of ligaments and menisci in the healthy human knee joint [J]. *J Biomech*, 2006, 39 (9): 1686-1701.
- [6] Morgan EF, Bayraktar HH, Keaveny TM. Trabecular bone modulus-density relationships depend on anatomic site [J]. *J Biomech*, 2003, 36(7): 897-904.
- [7] 董跃福, 牟志芳, 蒋胜波, 等. 膝关节有限元解剖模型的构建及其力学分析[J]. *临床骨科杂志*, 2015, 18(6): 686-692.
DONG YF, MU ZF, JIANG SB, et al. The construction of the anatomical finite element model of knee joint and its mechanical analysis [J]. *Lin Chuang Gu Ke Za Zhi*, 2015, 18(6): 686-692. Chinese.
- [8] 张晶, 郭媛, 张绪树, 等. 侧向撞击时肩部有限元分析[J]. *太原理工大学学报*, 2018, 49(6): 886-892.
ZHANG J, Guo Y, ZHANG XS, et al. Finite element analysis of shoulder under lateral impact loading [J]. *Tai Yuan Li Gong Da Xue Xue Bao*, 2018, 49(6): 886-892. Chinese.
- [9] Grood ES, Suntay WJ, Noyes FR, et al. Biomechanics of the knee extension exercise [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1984, 66(5): 725-733.
- [10] 谢兵, 范志勇, 王卫强, 等. 从筋束骨理论探讨膝骨关节炎模型的构建[J]. *成都中医药大学学报*, 2013, 36(1): 104-106.
XIE B, FAN ZY, WANG WQ, et al. Discussion on establishment of knee osteoarthritis model from theory of tendon bundle bone [J]. *Cheng Du Zhong Yi Yao Da Xue Xue Bao*, 2013, 36(1): 104-106. Chinese.
- [11] Ji G, Wang SJ, Wang XM, et al. Surgical versus nonsurgical treatments of acute primary patellar dislocation with special emphasis on the MPFL injury patterns [J]. *J Knee Surg*, 2017, 30(4): 378-384.
- [12] 于春水, 宣芸, 李坤成, 等. 髌外侧支持带的解剖观测及临床意义[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2004, 22(2): 171-173.
YU CS, XUAN Y, LI KC, et al. Anatomic study on the lateral patellar retinaculum and its clinical implication [J]. *Zhongguo Lin Chuang Jie Pou Za Zhi*, 2004, 22(2): 171-173. Chinese.
- [13] 夏磊, 张旭辉, 代瑞, 等. 髌骨内外侧软组织平衡技术治疗髌骨外侧高压症[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2018, 33(10): 1071-1072.
- XIA L, ZHANG XH, DAI R, et al. Treatment of lateral patellar hypertension with balance technique of internal and external soft tissue of patella [J]. *Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi*, 2018, 33(10): 1071-1072. Chinese.
- [14] 余振阳, 蔡谓, 谷旺. 关节镜辅助下解剖重建内侧髌股韧带治疗习惯性髌骨脱位[J]. *中国骨伤*, 2017, 30(4): 295-299.
YU ZY, CAI X, GU W. Clinical research on the arthroscopic treatment for recurrent patellar dislocation by anatomical reconstruction of medial patellar femoral ligament [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2017, 30(4): 295-299. Chinese with abstract in English.
- [15] 王芎斌, 侯美金, 陈剑, 等. 电针对膝骨性关节炎患者功能活动及登梯时空参数的影响[J]. *中国中医基础医学杂志*, 2017, 23(8): 1139-1144.
WANG XB, HOU MJ, CHEN J, et al. Effect of electro-acupuncture on functional status and temporospatial variations during stair climbing in knee osteoarthritis: a clinical randomized controlled trial [J]. *Zhongguo Zhong Yi Ji Chu Yi Xue Za Zhi*, 2017, 23(8): 1139-1144. Chinese.
- [16] 崔晓倩, 王辅忠, 张慧春. 膝关节股骨远端软骨硬化前后力学性能分析[J]. *医用生物力学*, 2015, 30(1): 25-29.
CUI XQ, WANG FZ, ZHANG HC. Analysis on mechanical properties of cartilage in distal femur of knee joint in both normal and sclerosis cases [J]. *Yi Yong Sheng Wu Li Xue*, 2015, 30(1): 25-29. Chinese.
- [17] Stephen JM, Kittl C, Williams A, et al. Effect of medial patellofemoral ligament reconstruction method on patellofemoral contact pressures and kinematics [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(5): 1186-1194.
- [18] 高庆霞, 刘春山, 刘荷婧, 等. 长圆针疗法治疗非老年膝骨性关节炎的临床研究[J]. *中国中医基础医学杂志*, 2018, 24(8): 1117-1149.
GAO QX, LIU CS, LIU HJ, et al. Clinical study on the treatment of non senile knee osteoarthritis with long round needle therapy [J]. *Zhongguo Zhong Yi Ji Chu Yi Xue Za Zhi*, 2018, 24(8): 1117-1149. Chinese.

(收稿日期: 2019-11-04 本文编辑: 连智华)