

# 从生物力学角度评价单髁置换术与腓骨截骨术

祁昕征<sup>1</sup>, 张家铭<sup>2\*</sup>, 谭传明<sup>3</sup>, 张英泽<sup>4</sup>, 郑诚功<sup>1,2</sup>

(1. 北京航空航天大学 生物与医学工程学院, 北京 100191; 2. 国立阳明大学 医学工程学系, 台北 11221;  
3. 怡仁综合医院 骨科, 桃园 32643; 4. 河北医科大学第三医院 骨科, 石家庄 050051)

**摘要:** 膝关节单间室骨性关节炎引起的膝内翻是常见病症之一, 目前手术方法主要有胫骨高位截骨术、单髁置换术以及最新推广的腓骨截骨术。单髁置换术自开展以来已有 60 余年历史, 相比全膝关节置换术具有可保留膝关节正常运动、手术创伤小、保留骨量多以及术后关节活动度大等优点, 故单髁置换术已成为治疗内侧间室骨性关节炎一种可靠的治疗方式。腓骨截骨术是一种治疗膝内翻的新治疗手段, 具有手术简单、费用低、恢复快等优点, 目前正在被大力推广, 但其治病机制尚不很清楚。综述单髁置换和腓骨截骨两种临床手术方式, 并从生物力学角度推论腓骨截骨术治疗内侧间室骨性关节炎的可能机制, 提出腓骨截骨术后外侧收缩肌力下降导致关节合力矩再平衡, 故关节接触位置改变、关节接触力下降可能是腓骨截骨术能够缓解疼痛治疗骨性关节炎的原因。

**关键词:** 膝骨关节炎; 单髁置换术; 腓骨截骨术; 生物力学

**中图分类号:** R 318.01 **文献标志码:** A

**DOI:** 10.3871/j.1004-7220.2015.06.479

## Evaluation of unicondylar knee arthroplasty and fibulectomy from a biomechanical viewpoint

QI Xin-zheng<sup>1</sup>, CHANG Chia-ming<sup>2\*</sup>, TAN Chung-ming<sup>3</sup>, ZHANG Ying-ze<sup>4</sup>, CHENG Cheng-kung<sup>1,2</sup> (1. School of Biology Science & Medical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China; 2. Department of Medical Engineering, National Yang-Ming University, Taipei 11221, China; 3. Department of Orthopaedic, Yee Zen General Hospital, Taoyuan 32643, China; 4. Department of Orthopaedics, The Third Affiliated Hospital, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** Varus deformation in knee joint is one of the common symptoms caused by unicompartment knee osteoarthritis. Currently, several operations can be used for correcting such deformation, including high tibial osteotomy, unicondylar knee arthroplasty (UKA) and fibulectomy. UKA has been developed for over 60 years, with the advantage of normal knee kinematics restored, less incision, more bony tissue preserved and larger range of motion than total knee arthroplasty (TKA). Therefore, UKA has become a reliable method for treating unicompartment knee osteoarthritis. Fibulectomy is a new kind of surgical technique for treating varus deformation in knee joint, with the advantage of simple operation, low cost and fast recovery. At present, fibulectomy has been widely applied, but its treatment mechanism is still not clear. In this review, two clinical operations UKA and fibulectomy were summarized, and the possible mechanism of fibulectomy for treating unicompartment knee osteoarthritis was proposed from the viewpoint of biomechanics. The author hypothesized that reduction in lateral muscle force after fibulectomy would cause rebalance of the resultant joint moment, therefore, the change of joint contact position and the decrease in joint contact force might be the cause of fibulectomy to release the pain for knee osteoarthritis patients.

**Key words:** Knee osteoarthritis; Unicondylar knee arthroplasty; Fibulectomy; Biomechanics

收稿日期: 2015-10-22; 修回日期: 2015-11-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(376391)。

通信作者: 郑诚功, 教授, Tel: (010)82339976; E-mail: ckcheng2009@gmail.com。

\* 为共同第一作者

骨性关节炎是一种常见的退行性病变。流行病学研究显示,美国有4 300万骨性关节炎患者,全球约有15%的人口受此病影响<sup>[1-2]</sup>。膝关节单间室骨性关节炎(unicompartmental osteoarthritis)是较常见的一类,其中内侧间室的发病率明显高于外侧间室,后者仅占有单间室关节炎的1/8<sup>[3]</sup>。病程初期可通过物理和药物疗法缓解疼痛,晚期常需进行胫骨高位截骨术、单髁置换术(unicompartmental knee arthroplasty, UKA)甚至全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)。虽然UKA相对于TKA具有可保留较多膝关节软组织及骨组织、手术创伤小、出血少、恢复快、住院时间短、术后关节活动度大、并发症少及费用较低等优点<sup>[4]</sup>,但仍给患者带来不小的痛苦及经济上的负担。近年来,河北医科大学第三医院推广一种新的手术方式,即应用腓骨截骨术治疗膝关节内侧间室骨性关节炎;采用局部麻醉或单侧腰麻,在腓骨中上1/3处做一2~3 cm直切口,用骨锯或磨钻截除约2.0 cm腓骨块。该手术创伤小、费用低、恢复快,临床效果显著,引起了极大的关注,但其治病机制目前尚不清楚。因此,本文从生物力学角度将腓骨截骨术与单髁置换术进行对比,评价这两种手术的临床效果,并且尝试推论腓骨截骨术治疗骨性关节炎的治病机制。

## 1 单髁膝关节置换术

### 1.1 单髁膝关节置换假体的发展

膝关节单髁置换术始于19世纪50年代,McKeever医师运用带有固定结构的金属片替代受损的软骨关节面,首先用于治疗单间室骨性关节炎;之后随着人们对单髁置换理念不断的探索和对假体不同材料组合的尝试,单髁置换假体在1960年代开始被普遍使用,代表有Gunston设计的双间室限制型金属-高分子聚乙烯假体<sup>[5]</sup>。在1970年代,这一时期的假体向非限制型转变,使得关节活动度提高,与TKA相比可以维持较好的膝关节活动范围;此期代表假体为Marmot的非限制性假体<sup>[6]</sup>。在1980年代,Goodfellow将Oxford活动平台的理念引入单髁假体中,设计出第1代Oxford半月板型承重单髁假体(Oxford unicompartmental knee replacement, OUKR),增大了股骨组件与胫骨组件的接触面积,减小了接触应力<sup>[7]</sup>;经过改进,其第3代假体已成为

目前疗效较好的单髁假体类型之一<sup>[3]</sup>。而在使用率上,UKA虽未成为主流,但仍有相当固定的使用比率。根据2010年挪威关节注册中心数据显示<sup>[8]</sup>,UKA的使用率约占膝关节置换手术的10.0%(见图1),而美国则约有8.1%<sup>[9]</sup>,瑞典8.2%<sup>[10]</sup>,澳大利亚9.7%<sup>[11]</sup>。

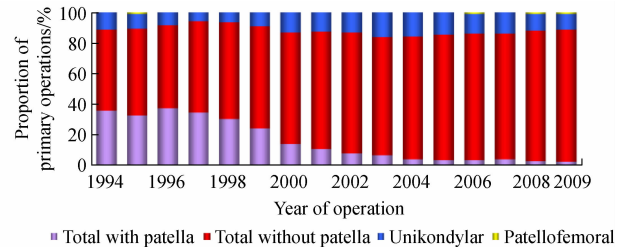


图1 各种初次膝关节置换手术比例<sup>[8]</sup>

Fig. 1 The proportion of primary operations in knee joint arthroplasty<sup>[8]</sup>

### 1.2 单髁置换术存活率

聚乙烯衬垫磨损、邻近胫股关节和髌股关节退化、无菌性松动、机械性损伤、对位不良以及感染等都会导致UKA手术失败。其中,聚乙烯衬垫磨损和对侧关节炎是导致UKA失败最常见的原因<sup>[12]</sup>。

早期由于假体设计较差、患者选择不合适以及手术理念不正确等问题,对UKA术后平均2和6年随访发现其翻修率高达20.0%<sup>[13]</sup>和28.0%<sup>[14]</sup>;同时,为保证活动衬垫的稳定性,常采用“在允许假体关节面滑动前提下插入最厚的胫骨植入物”的方法进行过度矫正,导致对侧间室退变增加<sup>[15]</sup>,造成较高的手术失败率。因此,在1980年代这一手术使用率急剧下降。

目前,经过假体设计、手术技术的改良以及病例的优选,特别是微创技术的应用,UKA失败率大大降低;其2和5年生存率分别达到98.7%和95.5%,并且膝关节功能评分良好<sup>[16]</sup>,但其长期生存率明显低于全膝置换术。统计结果显示,UKA翻修率是TKA的3倍以上<sup>[17]</sup>。意大利骨科假体登记处对3 929例单髁置换术进行为期11年的随访显示,假体存活率为86.8%,42.0%的失败是因为假体松动<sup>[18]</sup>;瑞典管理局统计表明,TKA的8年存活率为97.0%,UKA仅为90.0%<sup>[19]</sup>;英格兰和威尔士进行为期8年的调查结果显示,TKA存活率为96.3%,UKA为89.2%<sup>[20]</sup>;挪威统计局结果显示,15年以上

TKA 生存率为 85.0% 以上, UKA 为 75.0%<sup>[8]</sup> (见图 2)。总体来说, UKA 短期生存率令人满意, 但长期存活率仍有待提高。

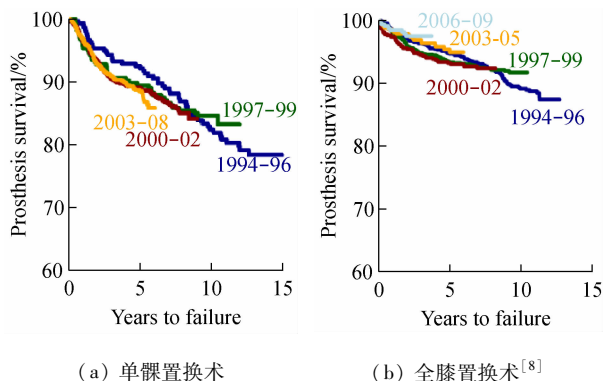


图 2 单髁置换术与全膝置换术存活率比较

Fig. 2 Survival rate of unicondylar and total arthroplasty with patella (a) Unicondylar knee prostheses, (b) Total with patella knee prostheses<sup>[8]</sup>

### 1.3 单髁置换术并发症

对侧间室病变和假体松动是导致手术失败最常见的并发症。单髁关节置换仅对病变间室进行置

换, 对侧间室病变进展为其特有并发症, 是手术失败翻修的主要原因。假体松动是手术远期失败的常见原因, 这些并发症都与病例选择、假体材料和设计、手术技术等方面有关<sup>[21]</sup>。结合取出物, 本文总结了 3 种因生物力学因素导致的并发症: 胫骨组件外翻伴随后方沉陷、半月板衬垫后方脱位及胫骨骨折。

**1.3.1 胫骨组件外翻伴随后方沉陷** 虽然 OUKR 的设计有较好的短期疗效, 手术后第 1 年放射立体照相测量分析显示胫骨假体有微小的移动<sup>[22]</sup>。Liddle 等<sup>[23]</sup> 随访了 6 例行 UKA 的患者, 发现术后早期出现胫骨组件下沉 [见图 3(a)、(b)], 处于后倾外翻的现象, 出现这种并发症可能由于屈膝时衬垫对胫骨托中央壁撞击导致。正常情况下, 重心在胫骨组件中间 1/3 的位置, 胫骨组件与下端胫骨紧密压合。如果胫骨组件放置稍微偏向外侧, 此时股骨组件相对于衬垫就可能处于半脱位状态; 而衬垫在股骨组件不平衡力的作用下翘起, 导致胫骨中央压力变大, 内侧胫骨可能会产生张力。在这种受力环境下, 胫骨组件调整为外翻状态, 达到新的稳定接触 [见图 3(c)]。

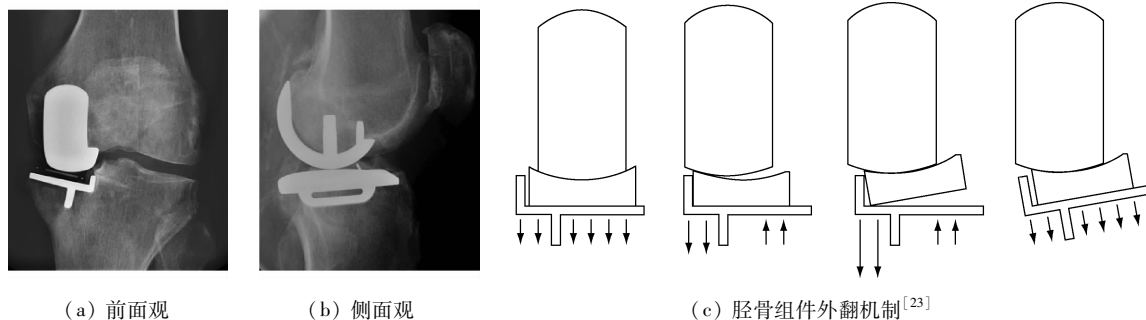


图 3 胫骨组件外翻及后方沉陷 X 线片及其机制示意图

Fig. 3 X-ray of tibial component subsided into valgus position with increased posterior slope and its mechanism schematic

(a) Anteroposterior view, (b) Lateral view, (c) Schematic demonstration of the possible mechanism<sup>[23]</sup>

**1.3.2 衬垫后方脱位** Choy 等<sup>[24]</sup> 对 188 例单髁置换手术患者进行平均 79.8 个月随访, 结果显示 9.5% 患者出现并发症, 其中 5.3% 是由于衬垫后方脱位, 高于胫骨和股骨组件脱位概率, 其严重程度也要超过后者。

多种因素可导致这种并发症的发生, 如手术过程中组件摆放位置不正和软组织不平衡、残余半月板和骨赘的后方冲击等均会导致此问题。不合理的假体设计也会造成此类并发症, 如早期的 Miller-

Galante II 假体半月板采用固定式非解剖型设计。Choy 等<sup>[24]</sup> 随访结果显示, 10 例衬垫后方脱位的患者均采用此类设计。现在半月板为左右膝分开的解剖型设计, 并且内侧壁高度增加, 可减少磨损并最大程度防止衬垫脱出, 但目前也存在解剖型半月板后方脱位的病例 (见图 4)<sup>[24]</sup>, 对其进一步分析可发现后唇磨损严重。分析原因为衬垫在膝关节高度屈曲状态时, 衬垫向后方移位, 在高应力作用下, 后唇磨损, 就可能造成后方脱位。但总体来说, 活动式解剖型设计可以减少此类并发症的发生率<sup>[25]</sup>。



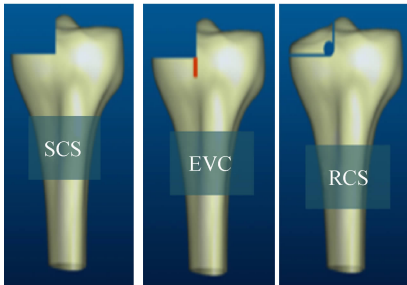
(a) 膝关节屈曲时衬垫后方夹挤 (b) 解剖型半月板后唇磨损脱位正面观 (c) 侧面观<sup>[24]</sup>

图4 衬垫后方脱位

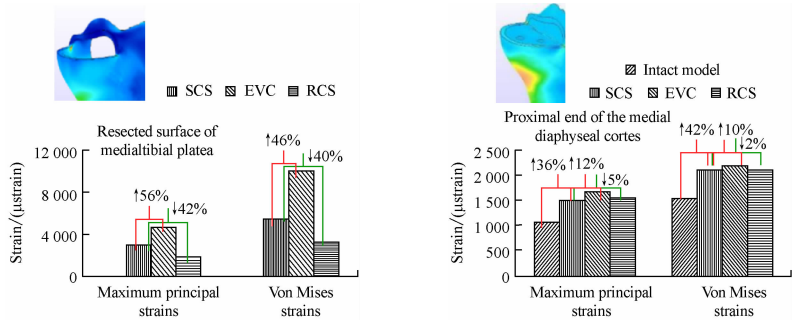
Fig.4 Posterior dislocation of the insert (a) The meniscal bearing is squeezed posteriorly as the knee is flexed fully, (b) Anterior view of dislocated bearing with deformed reduced posterior lip of an anatomic bearing, (c) Lateral view<sup>[24]</sup>

**1.3.3 胫骨假体周围骨折** 胫骨假体周围骨折并不是 UKA 常见的术后并发症,但是其后果非常严重,通常在内侧单髁置换手术后 1 周内出现<sup>[26]</sup>。手术中胫骨过度切骨是造成这类并发症的常见原因。根据 Clarius 等<sup>[27]</sup>的统计,矢状面切骨超出 4 mm 发生率达 18.0%,超出 8 mm 发生率达 3.0%。过多切骨会在骨切面垂直交点处出现断裂,造成胫骨切骨面应力集中,降低对负荷的承载能力,当膝关节受力过大时易造成周围骨折。

传统切骨方法对手术技术要求较高,且误差较大。Chang 等<sup>[28]</sup>设计了先钻孔后锯骨的方法,用 4 mm 半径的倒圆角代替原来的直角,并且利用有限元计算锐角模型(SCS)、过切模型(EVC)、圆角模型(RCS)在胫骨干和胫骨平台处的主应变和等效应变值[见图 5(a)],结果显示圆角型胫骨平台处比过切模型降低 42% 和 40% [见图 5(b)],在胫骨干处比锐角型降低 5% 和 2% [见图 5(c)],并且切口周围和胫骨干有比较好的应力和应变分布。



(a) 3 种截骨方式示意图



(b) 胫骨平台处主应变和等效应变 (c) 近端内侧胫骨干皮质处主应变和等效应变<sup>[28]</sup>

图5 3种截骨方式的应变值比较

Fig.5 Comparison of strain distributions by three different cutting methods (a) Schematic of 3 different cutting methods, (b) Principal strains and Von Mises strain on resected surface at the medial tibial plateau, (c) Principal strains and Von Mises strain on proximal end of the medial diaphyseal cortex<sup>[28]</sup>

## 2 腓骨截骨术

### 2.1 腓骨截骨术临床效果

早在 1985 年就有腓骨截骨术存在,截断的腓骨被用来当作自体骨移植的来源,用于修复颌面部等其他部位的骨缺损<sup>[29]</sup>。但腓骨截骨用于治疗骨性

关节炎最早由李存祥医生开展,他发现腓骨截骨能大大缓解膝关节骨性关节炎引起的疼痛<sup>[30]</sup>。张英泽等<sup>[31-33]</sup>在系列解剖学、影像学、生物力学及临床的研究基础上指出,由腓骨外侧支撑导致的膝关节内外侧平台不均匀沉降是膝关节骨性关节炎发生的始动因素,据此提出了膝关节不均匀沉降理论。根



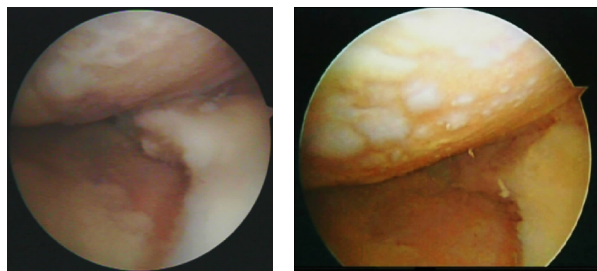
据该理论,进一步完善并推广腓骨截骨术治疗膝关节内侧间室骨性关节炎,应用该手术治疗踝关节骨性关节炎也可以获得良好的效果<sup>[34]</sup>。

对30例行腓骨截骨术的患者平均1.5年的临床随访显示,28例手术效果满意,矢状面关节活动度平均增加 $15^\circ$ ,膝关节功能评分平均提高10分<sup>[30]</sup>。另外,一项对233例患者平均9个月的随访发现,单髁置换术和腓骨截骨术手术在膝关节评分提高比例、缓解膝关节疼痛程度的临床效果相近<sup>[35]</sup>。对腓骨截骨术患者做X线片随访分析,可以看到手术后腓骨头位置向下方移位,平均下移45 mm;与术后两年半的X线片对比发现,软骨下骨硬化的现象也有所减轻(见图6);对其做关节镜分析,可以看到有软骨生成(见图7)。骨性关节炎通常被认为是软骨病变,由于其构造和生理机能的特殊性:无神经、无血管滋养<sup>[36-37]</sup>,故软骨无法自我修复,且目前也没有任何生物治疗手段能促进软骨的自我修复,但力学刺激对软骨生长和维持有至关重要的作用<sup>[38]</sup>。因此,笔者假设腓骨截骨保留膝关节原有组织的同时,缓解了膝关节压力,改变了膝关节的力学环境,可能促使软骨修复。



图6 腓骨头向下半脱位

Fig.6 Inferior subluxation of the fibula



(a) 术前

(b) 术后

图7 关节软骨变化示意图

Fig.7 Pictures of cartilage changes (a) Before fibulectomy,

(b) After fibulectomy

## 2.2 疼痛缓解可能机制

目前关于腓骨截骨治疗骨性关节炎的机制尚不

明确。过去已有学者通过尸体实验研究证明腓骨截骨可以减轻内侧间室应力。Yazdi等<sup>[39]</sup>对6例尸体截断20 mm长的腓骨,发现整体膝关节受力降低,内侧间室受力减小,最大降低21.6%;而膝关节外侧间室受力增大,最大增加12.9%。这证明腓骨截骨确实可改变膝关节应力分布,降低关节炎侧的间室压力,特别是针对膝关节内侧关节炎患者,减轻内侧间室应力,治疗膝内翻。Maezaki等<sup>[40]</sup>应用应力冻结法评价腓骨截骨对膝关节骨性关节炎的治疗效果和适应症,认为腓骨截骨对股骨胫骨角(femoral tibial angle, FTA)范围为 $174^\circ \sim 183^\circ$ 的轻度膝内翻患者效果显著。

张英泽等<sup>[31]</sup>提出的不均匀沉降理论认为,随着年龄增长,膝关节胫骨平台骨密度下降,而胫骨平台无坚强骨组织包绕,出现沉降现象。内侧平台无骨性结构支撑,外侧有腓骨支撑,故内外侧沉降速率不一致,内侧沉降多造成膝内翻。截断腓骨打破其对胫骨外侧平台的支撑,缓解内侧间室压力,减轻了膝关节疼痛。杨延江等<sup>[41]</sup>提出的弓弦理论认为,近端胫腓骨关节为弓,外侧副韧带等软组织为弦;在未施行腓骨截骨术时,胫腓骨关节连接紧密,软组织张力较低;而在截骨术后,比目鱼肌和腓骨长肌等小腿肌肉将腓骨向远程牵拉,弓弦拉紧,形成以胫骨外侧平台为支点的一个杠杆结构,撬起股骨内髁,使内侧平台张力减低。膝关节的负荷从内侧平台向外侧平台转移,使股骨下端的机械轴重新排列,从而解除内侧间隙的骨关节炎症状。

笔者所在课题组通过术前核磁影像建立膝关节模型,并用术后2个月的核磁影像模型与之配准,观察关节和腓骨的对位改变。术前退行性关节炎造成膝关节弯曲和胫骨外转减低,术后8个月,关节恢复伸直角度和外转旋转量,且矢状面上发现微小的对位改变(见图8);推测原因是腓骨在比目鱼肌等后侧肌肉拉力作用下向下方和内侧移动。

然而笔者认为,术后外侧收缩肌力下降导致关节合力矩再平衡,造成关节接触位置改变及关节接触力下降可能是腓骨截骨术能够缓解疼痛治疗骨性关节炎的原因。以膝关节冠状面静力平衡而言,膝关节的外侧肌力( $F_{LM}$ )、内侧肌力( $F_{MM}$ )与通过膝关节的体重( $F_B$ )相互保持着力矩平衡,即外侧肌力力矩等于体重产生的力矩加上内侧肌力力矩( $d_{LM} \times$

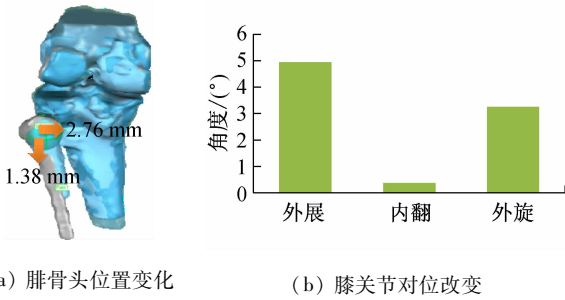


图8 模型配准结果

Fig. 8 Model alignment after fibulectomy (a) Translation in fibula head, (b) Alignment change in knee joint

$F_{LM} = d_B \times F_B + d_{MM} \times F_{MM}$ , 其中  $d_{LM}$  为膝关节中心至外侧肌力的力臂,  $d_B$  为膝关节中心至体重的力臂,  $d_{MM}$  为膝关节中心至内侧肌力的力臂, 且与内外侧关节接触力(内侧接触力  $F_{JM}$  及外侧接触力  $F_{JL}$ ) 达到力的平衡 ( $F_{LM} + F_B + F_{MM} = F_{JL} + F_{JM}$ )。但因为膝关节有骨性关节炎从而发生内翻变形, 造成内侧肌肉收缩较弱。因此, 假设在此时内侧肌肉收缩力量极小 ( $F_{MM} \cong 0$ ), 进而可忽略其产生的力矩 ( $d_{LM} \times F_{LM} = d_B \times F_B$ ;  $F_{LM} + F_B = F_{JL} + F_{JM}$ ) [见图 9(a)]。在腓骨截骨术后, 内侧力量(体重及可忽略的内侧肌力)不变, 股二头肌和外侧副韧带等外侧组织疲软, 外侧肌力减弱 ( $F'_{LM}$ ), 导致膝关节外翻力矩减弱 ( $d_{LM} \times F'_{LM} < d_B \times F_B$ ), 便形成了一个内翻的合力矩。而为了再次维持力矩平衡, 体重会往外移靠向膝关节中心, 使体重力臂变短 ( $d'_B < d_B$ ), 让内外力矩再次达到平衡 ( $d_{LM} \times F'_{LM} = d'_B \times F_B$ ) [见图 9(b)]。在此过程中, 外侧肌力减弱, 故关节面受到的压力亦跟着减轻 ( $F'_{LM} + F_B = F'_{JL} + F'_{JM}$ )。另外, 由于体重通过关节的位置外移, 因此接触位置改变。综合上述推论, 腓骨截骨术的机制可能是由于关节合力矩再平衡造成关节接触力减小及接触位置的改变, 使得疼痛缓解。

### 2.3 相关手术及其并发症

作为治疗膝内翻的新兴治疗手段, 腓骨截骨术的相关并发症报导并不常见, 主要有一过渡性或短期腓总神经麻痹、不同程度的小腿乏力、腓浅神经损伤以及皮下瘀血, 且这些并发症短期内均可消失或症状减退<sup>[30]</sup>。而腓骨截骨术之前主要广泛被应用于自体骨移植、腓骨肿瘤、胫骨骨折不愈合等病例中, 其用于其他病例中的并发症已多有文献研究。

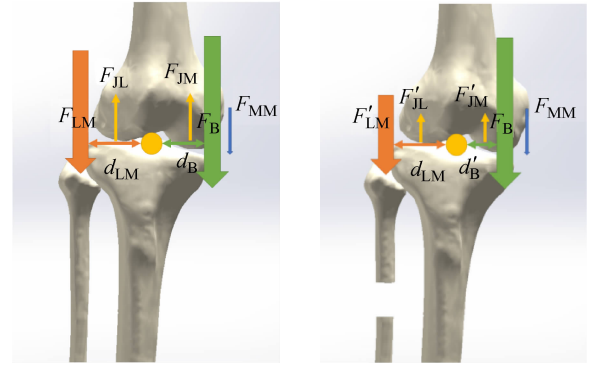


图9 腓骨截骨术可能机制示意图

Fig. 9 Schematic demonstration for the possible mechanism of fibulectomy (a) Pre-operation, (b) Post-operation

**2.3.1 腓骨自体骨移植** 腓骨是常用的自体骨移植来源。有关截骨位置对下肢功能影响的研究发现, 远程腓骨对踝关节稳定有非常重要的作用, 保留 6~8 cm 的远程腓骨长度十分必要<sup>[42-43]</sup>; 此外, 胫骨-距骨关节面上腓骨复位不良会增加踝关节应力<sup>[44]</sup>。Goh 等<sup>[45]</sup> 研究发现, 近端腓骨截骨后腓骨受力由原来 7.1% 减小至 0.6%~0.8%; 而将腓骨截骨固定后, 其受力增加至 1.7%~5.4%。步态研究显示, 近端腓骨截骨会导致走路时屈膝减少、伸膝增加, 可能原因为股四头肌无力和膝关节疼痛影响了膝关节的稳定性。远程截骨对踝关节动力学有明显影响, 而中间段截骨对膝关节和踝关节并没有明显的作用<sup>[46]</sup>。

**2.3.2 腓骨肿瘤切除** 近端腓骨是腓骨中最易被骨肉瘤、尤因氏肉瘤、巨细胞瘤侵蚀的部位, 虽然腓骨并不是常见的原发性恶性肿瘤和癌转移病灶。近端腓骨肿瘤常需要切除近端胫腓骨关节, 前后侧肌群以及滋养其的神经组织。Bozkurt 等<sup>[46]</sup> 研究发现, 近端腓骨切除后, 膝关节不稳定发生率为 0%~50%, 腓侧运动神经失调发生率为 0%~10%。但一项对 15 篇文献、总计 339 例病例的相关回顾分析显示, 3.9% 病例出现膝关节不稳定现象, 且手术中注意保护腓骨神经, 并把软组织重新贴合到腓骨头, 对于术后效果非常重要<sup>[47]</sup>。

**2.3.3 相关案例** 如下两个病例均有类似腓骨截骨的经历, 对其长期随访, X 线片显示膝关节功能正常, 无骨性关节炎等症状。

病患 A, 胫骨平台外侧骨折, 远程胫骨和腓骨骨折。胫骨用骨板和骨钉固定, 腓骨不做处理。7 年

后随访, 胫骨骨折愈合, 腓骨未愈合, 但内侧膝关节无骨性关节炎症状(见图 10)。



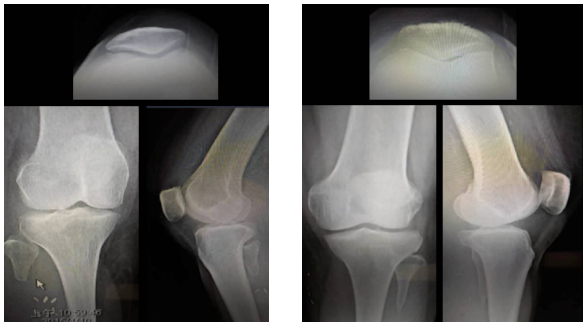
(a) 骨折部位 (b) 手术治疗后 (c) 术后 7 年复查结果

图 10 病例 A 的 X 线片

Fig. 10 X-ray of patient A (a) Fracture sites, (b) After surgical treatment, (c) Seven years after the operation

病患 B, 58 岁女性, 18 年前车祸, 美国医师取双侧腓骨中间段行左侧前臂植骨, 18 年后 X 线片发现膝关节正常, 无内侧关节炎现象(见图 11)。

开展至今, 已施行超过千例, 短期效果显著; 但由于缺乏长期随访结果, 其远期疗效尚须观察。相比于单髁置换术, 腓骨截骨术手术技术简单, 成本低, 患者疼痛缓解明显, 恢复时间快。本文从生物力学角度提出术后外侧收缩肌力下降导致关节合力矩再平衡, 故关节接触位置改变及关节接触力下降是疼痛减轻的主要原因, 但其实际的作用机制仍需要更多生物力学等基础研究的探讨, 其远期疗效亦需要更完整的临床数据证明。



(a) 截骨后 (b) 18 年后

图 11 病例 B 的 X 线片

Fig. 11 Knee joint X-ray of patient B (a) After resection, (b) Eighteen years after operation

以目前文献及随访资料来看, 腓骨截骨术术后短期并发症少。类似手术亦显示出长期少有并发症, 故截骨术治疗膝内翻型骨性关节炎长期可行性高。但目前并无相关随访数据, 仍需要长期临床随访。

### 3 总结

单髁置换术和腓骨截骨术均是治疗膝内翻型骨性关节炎的可行手段。单髁置换术自发展以来, 虽因较高的翻修率遭受质疑, 但随着假体设计的不断完善、手术技术的提高, 病例筛选的严格, 其存活率越来越高, 使用率也呈现平稳状态。腓骨截骨术自

### 参考文献:

- [1] Solignac M. COART France 2003 report on new socio-economic data on osteoarthritis in France [J]. *Presse Med*, 2004, 33(9): 4-6.
- [2] Lawrence RC, Felson DT, Helmick CG, et al. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II [J]. *Arthritis Rheum*, 2008, 58(1): 26-35.
- [3] 康凯, 高石军, 董江涛, 等. 膝关节单髁置换术的发展研究进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2014, 22(2): 130-133.
- [4] 凌晶, 章军辉, 狄正林, 等. 移动平台单髁置换术治疗膝关节内侧间室骨性关节炎[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2014, 29(8): 776-778.
- [5] Gunston FH. Polycentric knee arthroplasty prosthetic simulation of normal knee movement [J]. *Bone Joint Surg Br*, 1971, 53(2): 272-277.
- [6] Marmot L. The modular knee [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1973, 11(94): 242-248.
- [7] Goodfellow J, O'Connor J. The mechanics of the knee and prosthesis design [J]. *Bone Joint Surg Br*, 1978, 60(3): 358-369.

- [ 8 ] Helse Bergen HF. The Norwegian Arthroplasty Register. Annual report [ R ]. Norway: Haukeland University Hospital, 2010.
- [ 9 ] Riddle DL, Jiranek WA, McGlynn FJ. Yearly incidence of unicompartmental knee arthroplasty in the United States [ J ]. *J Arthroplasty*, 2008, 23(3) : 408-412.
- [ 10 ] Stefánsdóttir A, Lidgren L, Robertsson O. Higher early mortality with simultaneous rather than staged bilateral TKAs: Results from the Swedish Knee Arthroplasty Register [ J ]. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 466(12) : 3066-3070.
- [ 11 ] W-Dahl A, Robertsson O, Lidgren L, *et al.* Unicompartmental knee arthroplasty in patients aged less than 65: Combined data from the Australian and Swedish Knee Registries [ J ]. *Acta orthopaedica*, 2010, 81(1) : 90-94.
- [ 12 ] Riff AJ, Sah AP, Della Valle CJ. Outcomes and complications of unicondylar arthroplasty [ J ]. *Clin Sports Med*, 2014, 33(1) : 149-160.
- [ 13 ] Laskin RS. Unicompartmental tibiofemoral resurfacing arthroplasty [ J ]. *J Bone Joint Surg Br*, 1978, 60(2) : 182-185.
- [ 14 ] Insall J, Aglietti P. A five to seven-year follow-up of unicondylar arthroplasty [ J ]. *J Bone Joint Surg Br*, 1980, 62(8) : 1329-1337.
- [ 15 ] Hernigou P, Deschamps G. Alignment influences wear in the knee after medial unicompartmental arthroplasty [ J ]. *Clin Orthop Relat Res*, 2004, 423 : 161-165.
- [ 16 ] Smith JRA, Robinson JR, Porteous AJ, *et al.* Fixed bearing lateral unicompartmental knee arthroplasty—Short to midterm survivorship and knee scores for 101 prostheses [ J ]. *Knee*, 2014, 21(4) : 843-847.
- [ 17 ] Howell RE, Lombardi AV, Crilly R, *et al.* Unicompartmental knee arthroplasty: Does a selection bias exist? [ J ]. *J Arthroplasty*, 2015, 30(10) : 1740-1742.
- [ 18 ] Bordini B, Stea S, Falcioni S, *et al.* Unicompartmental knee arthroplasty: 11-year experience from 3 929 implants in RIPO register [ J ]. *Knee*, 2014, 21(6) : 1275-1279.
- [ 19 ] Sundberg M, Lidgren L, W-Dahl A, *et al.* The Swedish Knee Arthroplasty Register. Annual report 2011 [ R ]. Sweden: Lund University Hospital, 2011.
- [ 20 ] National Joint Registry of England and Wales. National Joint Registry of England and Wales. Annual report 2012 [ R ]. UK: National Joint Registry of England and Wales, 2012.
- [ 21 ] 张启栋, 郭万首, 刘朝晖, 等. 膝关节单髁置换术早中期并发症分析 [ J ]. *中华关节外科杂志: 电子版*, 2013, 7(4) : 8-10.
- [ 22 ] Kendrick BJ, Bottomley NJ, Gill HS, *et al.* A randomised controlled trial of cemented versus cementless fixation in Oxford unicompartmental knee replacement in the treatment of medial gonarthrosis using radiostereometric analysis [ J ]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2012, 20 : S36-S37.
- [ 23 ] Liddle AD, Pandit HG, Jenkins C, *et al.* Valgus subsidence of the tibial component in cementless Oxford unicompartmental knee replacement [ J ]. *Bone Joint J*, 2014, 96(3) : 345-349.
- [ 24 ] Choy WS, Kim KJ, Lee SK, *et al.* Mid-term results of Oxford medial unicompartmental knee arthroplasty [ J ]. *Clin Orthop Surg*, 2011, 3(3) : 178-183.
- [ 25 ] Aldinger PR, Clarius M, Murray DW, *et al.* Medial unicompartmental knee replacement using the " Oxford Uni " meniscal bearing knee [ J ]. *Orthopade*, 2004, 33(11) : 1277-1283.
- [ 26 ] Kumar A, Chambers I, Wong P. Periprosthetic fracture of the proximal tibia after lateral unicompartmental knee arthroplasty [ J ]. *J Arthroplasty*, 2008, 23(4) : 615-618.
- [ 27 ] Clarius M, Aldinger PR, Bruckner T, *et al.* Saw cuts in unicompartmental knee arthroplasty: An analysis of saw-bone preparations [ J ]. *Knee*, 2009, 16(5) : 314-316.
- [ 28 ] Chang TW, Yang CT, Liu YL, *et al.* Biomechanical evaluation of proximal tibial behavior following unicondylar knee arthroplasty: Modified resected surface with corresponding surgical technique [ J ]. *Med Eng Phys*, 2011, 33(10) : 1175-1182.
- [ 29 ] Peled M, El-Naaj IA, Lipin Y, *et al.* The use of free fibular flap for functional mandibular reconstruction [ J ]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2005, 63(2) : 220-224.
- [ 30 ] 李存祥, 贾素华, 王健, 等. 单纯腓骨截断术治疗膝关节炎临床研究 [ J ]. *中国医学创新*, 2010, 7(2) : 115-117.
- [ 31 ] 张英泽, 李存祥, 李冀东, 等. 不均匀沉降在膝关节退变及内翻过程中机制的研究 [ J ]. *河北医科大学学报*, 2014, 35(2) : 218-219.
- [ 32 ] 陈伟, 秦迪, 吴涛, 等. 应用腓骨截骨术治疗膝关节骨性关节炎效果优良的机制分析 [ J ]. *河北医科大学学报*, 2015, 36(5) : 600-602.
- [ 33 ] 郑占乐, 孙英彩, 张晓然, 等. 膝关节骨性关节炎发病机制的临床影像学研究 [ J ]. *河北医科大学学报*, 2014, 35(5) : 599-600.
- [ 34 ] 陈伟, 杨朝君, 侯志勇, 等. 应用腓骨远端截骨治疗踝关节骨性关节炎的临床研究 [ J ]. *河北医科大学学报*, 2015, 36(5) : 599-600.
- [ 35 ] 陈伟, 陈百成, 王飞, 等. 应用不同方法治疗膝关节骨性关节炎的对比研究 [ J ]. *河北医科大学学报*, 2015, 36(5) : 600-602.
- [ 36 ] Hunziker EB, Quinn TM, Hauselmann HJ. Quantitative structural organization of normal adult human articular cartilage [ J ]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2002, 10(7) : 564-572.
- [ 37 ] Quinn TM, Hauselmann HJ, Shintani N, *et al.* Cell and



matrix morphology in articular cartilage from adult human knee and ankle joints suggests depth-associated adaptations to biomechanical and anatomical roles [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2013, 21(12): 1904-1912.

- [38] Marks R. Osteoarthritis and articular cartilage; Biomechanics and novel treatment paradigms [J]. *Adv Aging Res*, 2014, 3(4): 297-309.
- [39] Yazdi H, Mallakzadeh M, Mohtajeb M, *et al.* The effect of partial fibulectomy on contact pressure of the knee; A cadaveric study [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24(7): 1285-1289.
- [40] Maezaki N, Hachiya M, Ezumi T. Experimental examination on the effects and adaptation condition of the fibula excision method using the stress freezing method on the osteoarthritis of the knee [M]//Naik GR. *Applied biological engineering-Principles and practice*. Rijeka: InTech Open Access Publisher, 2012: 297-320.
- [41] 杨延江, 郑占乐, 李坤, 等. 腓骨高位截骨治疗膝关节骨性关节炎的解剖学研究 [J]. *河北医科大学学报*, 2014, 35(6): 724-725.
- [42] Ganel A, Yaffe B. Ankle instability of the donor site follow-

ing removal of vascularized fibula bone graft [J]. *Ann Plast Surg*, 1990, 24(1): 7-9.

- [43] Close JR. Some applications of the functional anatomy of the ankle joint [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1956, 38(4): 761-781.
- [44] Thordarson DB, Motamed S, Hedman T, *et al.* The effect of fibular malreduction on contact pressures in an ankle fracture malunion model [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1997, 79(12): 1809-1815.
- [45] Goh JC, Mech AM, Lee EH, *et al.* Biomechanical study on the load-bearing characteristics of the fibula and the effects of fibular resection [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1992, 279: 223-228.
- [46] Bozkurt M, Yavuzer G, Tönük E, *et al.* Dynamic function of the fibula. Gait analysis evaluation of three different parts of the shank after fibulectomy: Proximal, middle and distal [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2005, 125(10): 713-720.
- [47] Amotz OB, Ramirez R, Husain T, *et al.* Complications related to harvest of the proximal end of the fibula: A systematic review [J]. *Microsurgery*, 2014, 34(8): 666-669.