

·临床研究·

两种不同矫形器对早期内侧间室膝关节骨性关节炎步态的影响*

张 旻^{1,2} 陈 博^{1,2} 江 澜³ 张 晗³ 董慧妹³ 姚海昌³ 詹红生^{1,2,4}

摘要

目的: 比较早期内侧间室膝关节骨性关节炎(OA)患者在佩戴膝关节外翻矫形器与外侧楔形角矫形鞋垫后所产生的下肢生物力学变化及差异,探讨不同矫形器在早期内侧间室膝关节骨性关节炎患者康复中的应用价值。

方法: 采用Vicon三维步态分析系统及Kisler测力台分别测评32例早期内侧间室型膝关节骨性关节炎患者在佩戴定制外侧楔形角矫形鞋垫(倾斜角 5°)、膝关节外翻矫形器及无佩戴任何矫形器(测试期间均穿标准鞋)三种条件下的下肢关节运动学、动力学及时间空间参数。

结果: 相较于未佩戴任何矫形器情况,佩戴2种矫形器后膝关节内侧间室压力(膝关节内翻力矩,膝关节内翻角冲量)均明显降低($P<0.05$),此外佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后患者踝关节外翻角度明显增加,足底压力中心明显向外侧偏移($P<0.05$)。

结论: 两种不同的矫形器均有助于降低早期内侧间室型膝关节骨性关节炎患者在步行过程中膝内侧间室所产生的压力,两者治疗效果未见明显差异。

关键词 生物力学;膝关节骨性关节炎;矫形器;步态分析

中图分类号: R493, R684 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1242(2014)-01-0026-05

Effects of different orthoses on the gait in early stage medial compartment knee osteoarthritis/ZHANG Min, CHEN Bo, JIANG Lan, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2014, 29(1): 26—30

Abstract

Objective: To compare the biomechanics changes at lower limb joints when early stage medial compartment knee osteoarthritis (OA) subjects wore the knee bracing and lateral wedges insole during walking, and to investigate the clinical value of different orthoses in early stage medial compartment knee OA rehabilitation.

Method: Thirty-two patients with early stage medial compartment knee OA were recruited from the rehabilitation department of Shanghai 6th Peoples' Hospital (China). Kinematics, dynamics and temporal-spatial parameters were collected by Vicon 612 three dimensional gait analysis system and the kinetics changes were examined by two Kisler force platforms at the same time under three conditions: ① With a custom-made lateral wedge of 5° (in standard shoes), ② With a valgus knee bracing (in standard shoes), ③ with control condition (in standard shoes).

Result: During wore both lateral wedge and knee bracing, the knee loading patterns (knee adduction moment and knee adduction angular impulse) at the knee joint decreased ($P<0.05$). The decreased loading on OA knee in wedge condition was associated with increasing of ankle valgus degrees and moment as well as laterally

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.01.006

*基金项目:国家自然科学基金项目(81173277, 81072830)、上海市科委重点科技攻关项目(11DZ1972902, 11DZ1973402)、上海市卫生局中药新药及院内制剂研发项目(2011ZJ007, 2011ZJ012)、上海市教育委员会科研创新项目(11YZ64, 12YZ064)

1 上海中医药大学附属曙光医院石氏伤科医学中心,上海市浦东区,201203; 2 上海市中医药研究院骨伤科研究所; 3 上海市第六人民医院康复医学科; 4 通讯作者

作者简介:张旻,男,硕士,实习研究员; 收稿日期:2013-03-25

shifted location of the centre of pressure at the same foot ($P<0.05$). There was no significant difference of loading at knee between these two orthoses conditions.

Conclusion: Under dynamic condition, valgus knee bracing and lateral wedge could decrease the loading in the medial compartment at knee. Lateral wedge was as effective as valgus knee bracing in the treatment of early stage medial compartment knee OA.

Author's address Shuguang Hospital, Pudong New Area, Shanghai, 201203

Key word biomechanics; knee; osteoarthritis; orthoses; gait analysis

膝关节骨关节炎(osteoarthritis, OA)是一种以膝关节软骨的变性、破坏及骨质增生为特征的慢性退行性骨关节疾病,多见于65岁以上老年人^[1-9]。在不同类型的膝关节骨性关节炎中以内侧间室型较为常见,其发病率约为外侧间室型的10倍。由于人体在一个完整步态周期中所承受的约70%的地面反作用力是经由膝关节内侧间室向身体进行传递,因此,相较于外侧间室,内侧间室往往较常受累^[3]。常见的内侧间室膝骨关节炎症状包括关节疼痛、肿胀及功能障碍,不但严重降低了患者的日常生存质量,也给其家庭和社会带来了巨大的经济负担。临床上常见的内侧间室膝骨关节炎治疗包括物理治疗、药物治疗、手术治疗及生物力学治疗。物理治疗及药物治疗虽可有效地帮助患者减轻患侧关节的疼痛,但由于不能矫正畸形的膝关节轴向对线,故而长期效果不甚理想,又由于手术治疗费用高昂且创伤较大难以被患者普遍接受,而生物力学治疗作为一种新型的治疗模式,因其花费较低,无创伤,且能有效地减轻疼痛,目前正被广泛地运用于膝关节骨性关节炎的治疗中^[10-19]。

目前常见的内侧间室膝骨关节炎生物力学治疗方法主要包括:①佩戴膝关节外翻矫正器,②外侧楔形角矫正鞋垫。膝关节外翻矫正器依靠三点力学受力原理纠正膝关节的非正常力学对线,通过增加膝关节的外翻角度加大膝关节的关节间隙从而达到减小膝关节内侧间室负荷,最后起到减轻疼痛的目的,先前已有内侧间室膝骨关节炎患者通过佩戴膝关节外翻矫正器后有效减轻步行过程中膝关节疼痛并增加膝关节稳定性的报道^[10-13]。外侧楔形角矫正鞋垫是通过改变患者的足部位置,使患侧足底中心压力由内向外侧方向偏移,减小膝关节内侧负荷,最终达到减轻患者症状的目的^[14-19]。

先前有研究^[10-19]报导了内侧间室膝骨关节炎患者佩戴膝关节外翻矫正器及佩戴外侧楔形角

矫正鞋垫后的患侧下肢生物力学变化,但缺乏患者在佩戴两种不同矫正器后下肢生物力学差异的对比实验。本试验通过运用三维步态分析对内侧间室膝骨关节炎患者佩戴不同矫正器后下肢运动学及力学参数进行对比的同时还加入了膝关节内翻角冲量(knee adduction angular impulse, KAAI)的比较,其结果更为可靠,也可为临床上提供更为准确客观准确的生物力学评估方式,并为将来设计使用更为合理的生物力学治疗方案提供可靠的参数与理论基础。

1 资料与方法

1.1 对象

选取符合实验标准并经影像学证实的早期单侧内侧间室膝骨关节炎患者32例。男13例,女19例;平均年龄(67.06 ± 6.38)岁;身高(165.96 ± 6.05)cm;体重(83.9 ± 5.73)kg。

受测者纳入标准:①受测者进行实验前明确诊断为早期内侧间室膝骨关节炎(Kellgren-Lawrance评分 ≤ 2)^[20]。②受测者均可在不依靠任何辅具的情况下独自行走10m以上。③受测者均在试验前充分了解试验可能带来的风险并签署知情同意书。

排除标准:受测者患有其他神经肌肉骨骼疾病且在此次测试前进行过任何形式的治疗。

1.2 观察项目及方法

运动学参数由英国Vicon (612, Oxford UK)三维步态分析捕捉系统进行采集,同时由2块Kistler(Kistler 9286B, Alton UK)型测力台进行力学参数的记录。实验所采用的静态模型所用的光标包括股骨大转子、胫骨结节、内外侧膝、腓骨小头、内外侧踝、第1,2,5跖骨头、足跟,4组组合光标分别置于双侧大腿及小腿胫骨外侧。膝关节外翻矫正器选用美国Generation II (G II)膝关节外翻矫正器,外翻角度统一设定为 5° 。外侧楔形角矫正鞋垫由上海市

第六人民医院康复医学科矫形器师根据患者的足部大小在测试前进行定制,外翻角度均统一设定为 5° 见图1—2。

图1 定制外侧楔形角矫形鞋垫

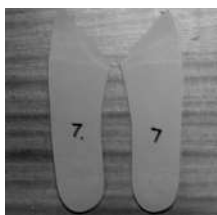


图2 美国Generation II (G II)膝关节外翻矫形器



实验数据记录:分别在佩带两种不同的矫形器及未佩带矫形器三种情况下将34个被动光标置于受测者身上,受测者首先在测力板上以双手交叉姿势站立建立静态模型,而后让受测者经过多次练习后,以最自然行走速度通过测试区域,整个测试过程中每种条件下受测者均至少进行10例数据采集。

主要观察指标:受测者在一个完整步态周期中的运动学动力学参数变化。

1.3 数据分析

实验数据经由Vicon三维步态分析系统以及Kilster测力台采集后输出至Visual 3D (C-motion, INC)三维步态分析软件进行处理。而后时间空间

参数,动力学参数以及运动学参数输出至Excel,最后通过SPSS 13.0软件进行统计学分析。采用方差分析比较各组数值, P 值设定为 ≤ 0.05 差异有显著性意义。

2 结果

见表1。佩戴矫形器前后时间空间参数未见明显差异,相较于未佩戴任何矫形器情况,佩戴两种矫形器后膝关节内侧间室压力均明显降低(佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后膝关节内翻力矩减小 $0.25\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$,膝关节角冲量减小 $0.01\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{S}/\text{kg}$ 。佩戴膝关节外翻矫形器后膝关节内翻力矩减小 $0.37\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$,膝关节角冲量减小 $0.014\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{S}/\text{kg}$)($P<0.05$),见图3,但两组矫形器组之间未见明显差异。佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后患者踝关节外翻角度明显增加(较未佩戴矫形器及佩戴膝关节外翻矫形器分别增加 0.43° 及 0.53° , $P<0.05$),足底压力中心明显向外侧偏移(较未佩戴矫形器及佩戴膝关节外翻矫形器分别增加 0.008m 及 0.007m , $P<0.05$),见图4—5。此外,佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后内侧方向的地面反作用力较其他两组明显增加(较未佩戴矫形器及佩戴膝关节外翻矫形器分别增加 $0.005\text{mg}/\text{BW}$ 及 $0.006\text{mg}/\text{BW}$),见图6。

表1 32例早期内侧间室型膝骨性关节炎患者在三种条件下的生物力学参数比较

($\bar{x}\pm s$)

参数	C	W	B	P1	P2	P3
步速($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	1.18 $\pm$ 0.06	1.20 $\pm$ 0.04	1.20 $\pm$ 0.05	0.889	0.365	0.753
步幅(m)	1.26 $\pm$ 0.10	1.26 $\pm$ 0.07	1.25 $\pm$ 0.10	1.000	1.000	1.000
踝关节外翻角度($^{\circ}$)	2.98 $\pm$ 0.46	3.41 $\pm$ 0.67	2.87 $\pm$ 0.48	0.013	0.525	0.002
膝关节内收力矩($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0.395 $\pm$ 0.06	0.370 $\pm$ 0.05	0.358 $\pm$ 0.06	0.043	0.009	0.679
膝关节内收角冲量($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0.152 $\pm$ 0.01	0.142 $\pm$ 0.01	0.138 $\pm$ 0.01	0.001	0.000	0.291
踝关节外翻力矩($\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0.181 $\pm$ 0.03	0.213 $\pm$ 0.03	0.187 $\pm$ 0.03	0.000	0.000	0.135
地面反作用力(垂直方向)(mg/BW)	1.197 $\pm$ 0.03	1.191 $\pm$ 0.02	1.199 $\pm$ 0.03	1.000	1.000	0.756
地面反作用力(内侧方向)(mg/BW)	0.070 $\pm$ 0.003	0.075 $\pm$ 0.004	0.069 $\pm$ 0.004	0.000	0.798	0.000
足底中心压力轨迹(M)	0.018 $\pm$ 0.002	0.026 $\pm$ 0.004	0.019 $\pm$ 0.000	0.000	0.861	0.000

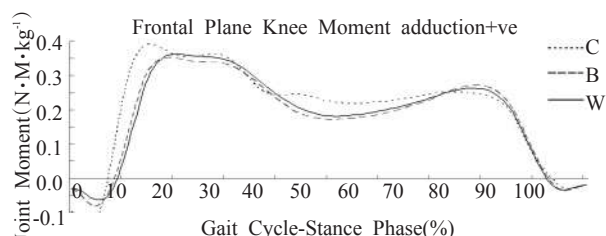
C=标准情况(未佩戴任何矫形器),W=佩戴外侧楔形角矫形鞋垫,B=佩戴膝关节外翻矫形器; $P1=C$ 与 W 比较; $P2=C$ 与 B 比较; $P3=W$ 与 B 比较

3 讨论

Harrington等^[21]对膝关节生物力学研究表明,在一个完整的步态周期中足跟首次着地后膝关节冠状面上出现一个持续时间较长且幅度较大的内翻力矩,甚至是伴有膝关节外翻畸形的患者亦不例外,这一发现不但与先前Prodromos等^[3]报道的绝大部分地面反作用力通过膝关节内侧向身体传递相的理论

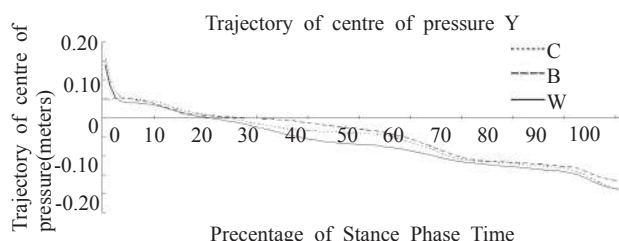
相吻合,也一定程度解释了为什么内侧间室膝关节骨性关节炎较为常见的原因。此外膝关节内侧间室压力的大小除了受到个体自身重量的影响,还取决于膝关节轴向对线的正确与否,内侧间室膝关节骨性关节炎患者由于膝关节关节软骨的退化以及软组织的松弛导致膝关节对线向身体内侧方向发生偏移,这一变化直接导致了膝关节中心与地面反作

图3 三种情况下膝关节内翻力矩示意图



C=标准情况(未佩戴任何矫形器),W=佩戴外侧楔形角矫形鞋垫,B=佩戴膝关节外翻矫形器

图5 三种情况下足底中心压力曲线示意图



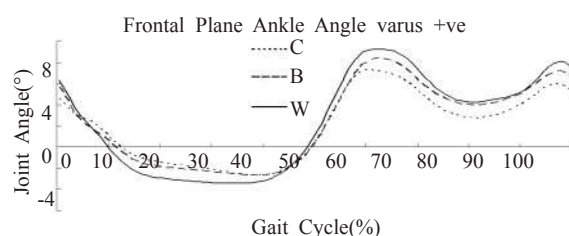
C=标准情况(未佩戴任何矫形器),W=佩戴外侧楔形角矫形鞋垫,B=佩戴膝关节外翻矫形器

用力之间的垂直距离增大,因而相较正常人群内侧面膝关节患者的膝关节内收力矩往往明显增大^[8],升高的膝关节内收力矩增加膝关节内侧间室负压的同时使患者在运动过程中的关节稳定性下降,患侧肢体随之出现异常的运动学变化,进而导致病情的进一步加重。

先前报道的内侧膝关节骨性关节炎生物力学治疗研究表明^[10-19],佩戴外侧楔形角矫形鞋垫与膝关节外翻矫形器均可以有效地帮助患者降低步行过程中膝关节内侧间室所产生的压力从而达到减轻患者关节疼痛的目的,但是目前还没有研究比较佩戴这两种不同矫形器后的差异。本研究旨在比较早期内侧间室膝关节骨性关节炎患者在佩戴膝关节外翻矫形器与外侧楔形角矫形鞋垫后所产生的下肢生物力学变化及差异,探讨不同矫形器在早期内侧间室膝关节骨性关节炎患者康复中的应用价值。

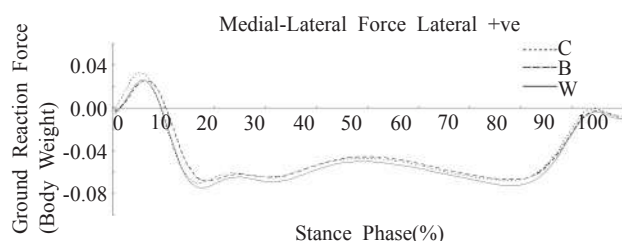
实验发现,早期内侧间室型膝关节骨性关节炎患者在佩戴矫形器前后时间空间参数未见明显差异,这也与国外先前的研究结论相吻合^[10-19]。Kakihana等^[15-17]研究报导佩戴外侧楔形角矫形鞋垫前后垂直方向以及内外侧方向的地面反作用力与未佩戴前未见明显差异,然而我们的实验结果显示佩戴外侧楔形

图4 三种情况下踝关节外翻角度示意图



C=标准情况(未佩戴任何矫形器),W=佩戴外侧楔形角矫形鞋垫,B=佩戴膝关节外翻矫形器

图6 三种情况下地面反作用力内外侧方向分力示意图



C=标准情况(未佩戴任何矫形器),W=佩戴外侧楔形角矫形鞋垫,B=佩戴膝关节外翻矫形器

角矫形鞋垫后内侧方向的地面反作用力较标准情况,以及佩戴膝关节外翻矫形器情况下有明显的增高(图5),这一结果从一定程度上也解释了为什么部分患者在佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后在步行过程中足部出现不同程度的不适感,同时患者佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后踝关节外翻角度与外翻力矩均明显增加(较标准情况与佩戴膝关节外翻矫形器两种条件下外翻角度分别增加 0.43° 及 0.54° ,外翻力矩分别增加 $0.032\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ 及 $0.026\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$, $P<0.05$)。先前Kakihana报道^[17]内侧间室型膝关节骨性关节炎患者在佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后,无论在静止状态或运动模式中,踝关节外翻角度及外翻力矩均较佩戴前有所增加,但是其实验只是将矫形鞋垫绑在受测者的足底,并用胶布简单固定而不是让患者穿上标准鞋后进行测试,这一做法可能导致患者在步行过程中因为鞋垫固定不够牢固而发生移动错位,从而导致最终实验结果发生偏差,但我们在实验前已经充分考虑到了这一点,因此,相较于先前国外的研究此次实验的结果可信度更高,误差也相对较小。

相较于标准情况下患者在佩戴两种不同矫形器后膝关节冠状面上的压力(膝关节内翻力矩)均明显降低(佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后减小 $0.25\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ 。

佩戴膝关节外翻矫形器后减小 $0.37\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$, $P<0.05$, 图3), 这表明两种不同的矫形器均有助于减小患者在步行过程中膝关节所受的压力, 但矫形器组之间未见明显统计学差异。此外先前的研究^[11-19]都主要集中讨论佩戴矫形器前后膝关节内翻力矩的峰值大小, 而此次研究在讨论膝关节内翻力矩峰值的同时还加入了对膝关节内翻角冲量的研究。膝关节内翻力矩的峰值只能单一的反应膝关节在冠状面整个步态周期中瞬间最大受力情况, 而通常最大峰值往往受到步行速度, 以及加速度的影响较大会产生一定的误差, 而膝关节内翻角冲量反应的是人体在步行过程中整个支撑相中膝关节冠状面上所受应力的大小, 因此相较于单纯的比较膝关节内翻力矩的峰值, 同时加入膝关节内翻角冲量的大小比较其结果更客观也更为可靠。研究结果显示两种不同的矫形器均明显有助于减小患者的膝关节角冲量(佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后减小 $0.01\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{S}/\text{kg}$, 佩戴膝关节外翻矫形器后减小 $0.014\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{S}/\text{kg}$, $P<0.05$)。这一结果表明两种不同的矫形器对于治疗早期内侧间室膝关节骨性关节炎均有效, 然而两者间并没有显著差异。

此外, 患者在佩戴外侧楔形角矫形鞋垫后足底中心压力轨迹相较于其他两组明显的向内侧偏移($P<0.05$)(图5), 这与 Kakihana 等^[15-17]报道的外侧楔形角矫形鞋垫通过改变足底中心压力轨迹减小膝关节内收力臂, 从而减小膝关节内收力矩的报道相吻合。而与外侧楔形角鞋垫不同, 膝关节外翻矫形器则是通过减小膝关节内翻角度增加膝关节关节间隙(较标准情况及佩戴矫形鞋垫分别减小 2.9° 及 2.81° , $P<0.05$), 使膝关节中心向地面反作用力靠近, 从而达到减小膝关节内侧压力的目的。

实验结果表明, 外侧楔形角矫形鞋垫可以有效地帮助减小患者在步行过程中膝关节所受的压力, 该种治疗方式价格便宜、使用方便, 但是佩戴后导致步行过程中地面反作用力内侧分量增高, 长期佩戴更会致患者踝关节受力异常进而引发踝关节内侧产生疼痛。Sasaki^[14]也报道部分患者因无法忍受由于佩戴矫形鞋垫后所致踝关节疼痛因而最后不得不放弃使用该治疗方法。膝关节外翻矫形器虽没有此类异常受力状况, 但其价格昂贵且不利于佩戴, 又难以

为广大的患者所接受, 因此, 需要设计一种新型外侧楔形角矫形鞋垫, 在有效的降低早期内侧间室膝关节骨性关节炎患者膝关节压力的同时尽可能避免传统的矫形鞋垫所产生的副作用。

4 结论

两种不同的矫形器均有助于降低早期内侧间室型膝关节骨性关节炎患者在步行过程中患侧膝内侧间室所产生的压力进而达到减小患侧膝关节异常受力的目的, 但两者治疗效果未见明显差异。

参考文献

- [1] Flugsrud GB, Nordsletten L, Reinholt FP, et al. Osteoarthritis [J]. Tidsskr Nor Laegeforen, 2010, 130:2136—2140.
- [2] Felson DT, Lawrence RC, Dieppe PA, et al. Osteoarthritis: new insights. Part 1: the disease and its risk factors [J]. Ann Intern Med, 2000, 133:635—646.
- [3] Prodromos CC, Andriacchi TP, Galante JO. A relationship between gait and clinical changes following high tibial osteotomy [J]. J Bone Joint Surg Am, 1985, 67(8):1188—1194.
- [4] 张旻, 江澜. 内侧间室膝骨性关节炎的下肢关节生物力学变化 [J]. 中国康复, 2011, (1):36—38.
- [5] Metcalfe AJ, Stewart C, Postans N, et al. The effect of osteoarthritis of the knee on the biomechanics of other joints in the lower limbs [J]. Bone Joint J, 2013. 95-B(3): 348—353.
- [6] Horisberger M, Fortuna R, Valderrabano V, et al. Long-term repetitive mechanical loading of the knee joint by in vivo muscle stimulation accelerates cartilage degeneration and increases chondrocyte death in a rabbit model [J]. 2013, Clin Biomech (Bristol, Avon). 2013, 28(5):536—543.
- [7] McCarthy I, Hodgins D, Mor A, et al. Analysis of knee flexion characteristics and how they alter with the onset of knee osteoarthritis: a case control study. [J] BMC Musculoskelet Disord, 2013, 21, 14:169.
- [8] Kumar D, Manal KT, Rudolph KS. Knee joint loading during gait in healthy controls and individuals with knee osteoarthritis [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2012. 21(2): 298—305.
- [9] Bechard DJ, Birmingham TB, Zecevic AA, et al. The effect of walking poles on the knee adduction moment in patients with varus gonarthrosis [J]. Osteoarthritis Cartilage, 20(12): 1500—1506.
- [10] Clifford AG, Gabriel SM, O'Connell M, et al. The KineSpring(R) Knee Implant System: an implantable joint-unloading prosthesis for treatment of medial knee osteoarthritis [J]. Med Devices (Auckl), 2013, 17(6):69—76.
- [11] 张旻, 江澜. 佩戴膝外翻支具膝骨关节炎患者膝关节的生物力

(下转第46页)