

· 论 著 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2014.32.002

女性下肢力线旋转与髌股关节疼痛的临床研究*

凡廷旭, 黄伟[△], 胡宁, 陈诚

(重庆医科大学附属第一医院骨科 400016)

摘要:目的 探讨国人女性下肢力线旋转与髌股关节疼痛(PFP)的关系。方法 以健康志愿者作对照组,对 PFP 患者行双下肢伸直中立位超薄 CT 扫描,分别对股骨前倾角(FNA)、颈干角(NSA)、后髁角(PCA)、股骨相对胫骨旋转角(FRRT)、胫骨扭转角(TTA)及髌骨倾斜角(PTA)进行测量、分析。结果 PFP 组与对照组 FNA、FRRT、PCA、TTA 及 PTA 比较均增大,差异有统计学意义($P < 0.05$),而 NSA 差异无统计学意义($P > 0.05$)。多元线性回归分析发现,PTA 对视觉模拟评分法(VAS)评分影响最明显,其次是 FNA,再次是 TTA;PTA 对骨性关节炎指数评分表(WOMAC)功能评分影响最明显,其次是 TTA。PTA 与年龄存在显著负相关($r = -0.548, P < 0.05$)。结论 PTA 是衡量 PFP 患者 VAS 评分和 WOMAC 功能评分的敏感指标;PTA、FNA、PCA、FRRT 及 TTA 增大与女性 PFP 有关。

关键词:旋转;髌股关节疼痛;膝前痛;下肢力线

中图分类号:R681.8

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2014)32-4276-04

Clinical research of lower extremity biomechanical rotation and patellofemoral pain in women*

Fan Tingxu, Huang Wei[△], Hu Ning, Chen Cheng

(Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Objective The purpose of this investigation was to discuss the relationship between the rotation of lower extremity biomechanics and patellofemoral pain(PFP). Methods With normal volunteers as controls, patients with PFP were scanned by ultrathin CT, keeping the bilateral lower extremity straight neutral. The anatomy parameters were measured and analysed, such as femoral neck anteversion(FNA), femoral neck shaft angle(NSA), posterior condylar angle(PCA), femoral rotation relative to tibia(FRRT), tibial torsion angle(TTA) and patella tilt angle(PTA). Results Compared with control group, the PFP group FNA, FRRT, PCA, TTA and PTA increase statistically significant ($P < 0.05$), while the NSA is no statistical difference ($P > 0.05$). It could be found that PTA had the most obvious influence on the VAS score, followed by FNA and TTA; and PTA had the most obvious influence on the WOMAC function score, followed by TTA; and significant negative correlation could be found between PTA and age ($r = -0.548, P < 0.05$). Conclusion PTA is a sensitive indicator to assess VAS score and WOMAC function score for individuals with PFPs. Increases of PTA, FNA, PCA, FRRT and TTA are associated with PFP for women.

Key words: rotation; patellofemoral pain; anterior knee pain; lower extremity biomechanics

髌股关节疼痛综合征(patellofemoral pain syndrome, PFPS)是通常被用于描述髌股关节疼痛(PFP)或膝前痛,常常于下蹲、上下楼梯、久坐、奔跑等活动后加重,占下肢损伤性疾病的10%~20%,女性多于男性^[1-2]。荷兰大学全科医师指南将其定义为髌骨或髌骨周围的疼痛^[3]。因其病因可能与遗传、解剖异常、肌肉萎缩、运动学变异等有关,故在诊治方面仍存在争议^[4-6]。本研究通过超薄 CT 测量髌骨与整个下肢结构参数,以探讨女性下肢力线旋转与 PFP 关系,为其诊断提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究经过医院临床伦理委员会批准,所有患者被告知 CT 扫描存在的潜在危险,在知情同意的情况下进行相关检查。门诊或收治的年龄在 18~55 岁诊断为 PFP 的非运动员女性患者 21 例,以健康女性志愿者 22 例作对照。纳入标准:(1)至少以下 3 种活动中会出现髌股关节疼痛,病程在 3 周以上(上下楼梯、跳跃、慢跑、下蹲、久坐、跪立);(2)内外侧髌骨关节面或股骨髁触痛;(3)髌骨研磨试验或恐惧试验阳性。排除标准:(1)明确诊断为膝关节其他病变如韧带断裂、半月板损伤者;(2)既往有外伤性髌骨脱位、手术史者;(3)严重的类风

湿性关节炎、痛风性关节炎者;(4)胫股关节面骨关节炎者;(5)患有影响步态的神经系统疾病者;(6)膝关节明显内外翻者($> 30^\circ$);(7)影像学明确有髌股关节骨性关节炎者。两组在年龄、体质量指数比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

1.2 仪器与方法 患者仰卧在水平检查床面上,双下肢置中立位,股四头肌完全放松,踝关节置功能位,双足并拢,足尖朝上,以髌骨为中心,用美国 GE 公司 16 排螺旋 CT 进行断层扫描,扫描范围自髌棘最高点至脚底,层厚及间隔均为 0.625 mm,以获取膝关节横断面的精确图像,再用 GE Advantage workstation 图像测量软件进行相关参数测量。

1.3 测量指标 所有的测量均由同一人完成,观测值取 3 次测量的平均值,2 次测量的间隔时间不少于 2 周。

1.3.1 股骨颈前倾角(femoral neck anteversion, FNA) 本试验采用 Murphy 法^[7]测量,即将股骨头、颈和股骨内外髁最大层面的 CT 图像叠加,测头颈轴(股骨头中心和股骨颈基底部中心连线)与后髁线(股骨内外髁最后缘连线)所夹的角,见图 1A。

1.3.2 股骨颈干角(femoral neck shaft angle, NSA) NSA 为

* 基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2013AA031903)。 作者简介:凡廷旭(1987—),硕士,主要从事关节外科。

[△] 通讯作者, Tel:13883383330; E-mail:huangwei68@263.net。

股骨干轴线与股骨颈轴线相交所成的向内的角^[8],即大转子、股骨颈结合处和股骨干中点的连线与股骨头颈轴所夹的角,见图 1B。

1.3.3 股骨后髁角 (posterior condylar angle, PCA) 生物力学研究证明股骨通髁线(股骨外上髁最凸点与内上髁沟最凹点的连线)接近平行于膝关节的屈伸轴线,且位置较为恒定,是最可靠的确定股骨远端旋转定位的标准^[9]。PCA 是通髁线与后髁线的夹角,是测量股骨远端旋转较为准确且术中容易掌握的参照,见图 1C。

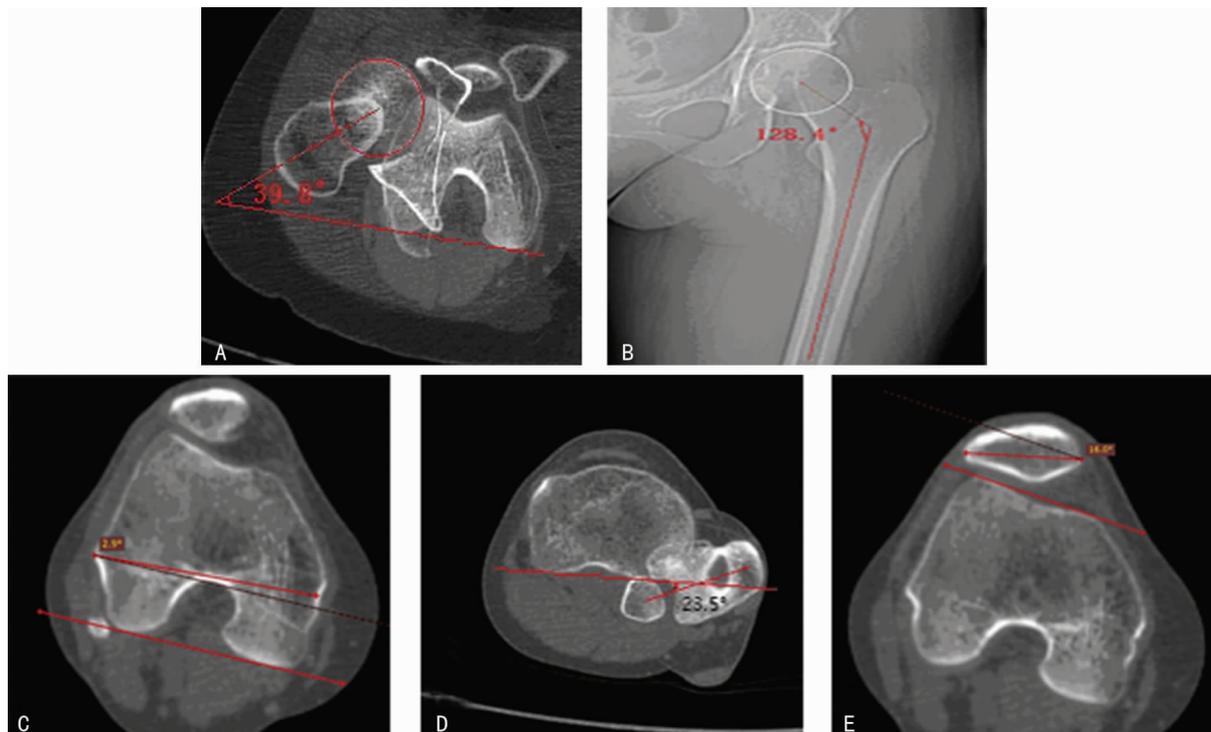
1.3.4 股骨相对胫骨旋转角 (femoral rotation relative to tibia, FRRT) 股骨的旋转可通过测量股骨后髁线与水平线的夹角得到,胫骨的旋转可通过测量胫骨平台后缘与水平面的夹角得到,两者作差即为 FRRT,规定内旋为正,外旋为负^[10]。

1.3.5 胫骨扭转角 (tibial torsion angle, TTA) TTA 是人体

胫骨生理解剖的固有角度,定义为胫骨近远端关节面的横轴线之间的夹角。本研究通过图像重叠,测量胫骨近端后髁轴线与内外踝横轴线之间所夹的角即为 TTA^[11],见图 1D。

1.3.6 髌骨倾斜角 (patella tilt angle, PTA) Lin 等^[10]比较了股骨旋转、胫骨旋转、股骨相对胫骨旋转对 PTA 不同测量方法的影响,发现 Sasaki 法^[12]可以作为髌骨独立于股骨、胫骨旋转的对线参数,即连接髌骨内外侧缘的直线与股骨内外髁最前缘连线所夹的角,见图 1E。

1.4 统计学处理 采用 SPSS17.0 统计软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,然后用多元线性回归分析所测参数对视觉模拟评分法 (VAS) 评分、骨性关节炎指数评分表 (WOMAC) 功能评分的影响程度,将对影响最大的参数与年龄进行相关性分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。



A: FNA; B: NSA; C: PCA; D: TTA; E: PTA.

图 1 各关节角的 X 线片图

2 结果

2.1 两组间 FRRT、TTA、PTA、FNA、PCA、NSA 比较 与对照组比较, PFP 组 FRRT、TTA 及 PTA 显著增大 ($P < 0.01$), FNA、PCA 增大亦有统计学意义 ($P < 0.05$), 而 NSA 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 1。

2.2 多元线性回归分析结果 将上述参数分别与 VAS 评分进行多元线性回归分析, 结果显示 PTA 对 VAS 评分影响最明显, 其次是 FNA, 再次是 TTA, 见表 2。将参数与 WOMAC 功

能评分进行多元线性回归分析, 结果显示 PTA 对 WOMAC 功能评分影响最明显, 其次是 TTA, 见表 3。

2.3 PTA 与年龄进行 Pearson 相关性分析 从 PFP 组年龄分布上可以看出 18~30 岁和 40~50 岁各占 42.9%, 将对 VAS 评分和 WOMAC 功能评分影响最大的参数 PTA 与年龄进行 Pearson 相关性分析, 结果显示两者呈负相关 ($r = -0.548, P < 0.05$), 见图 2。

表 1 两组间下肢旋转力线的比较 ($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

| 组别 | n | FNA | NSA | PCA | FRRT | TTA | PTA |
|----------|----|--------------|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| PFP 组 | 21 | 18.32 ± 5.81 | 138.23 ± 6.74 | 3.74 ± 1.61 | 6.64 ± 2.79 | 26.94 ± 6.23 | 17.40 ± 4.95 |
| 对照组 | 22 | 14.90 ± 4.52 | 138.85 ± 26.06 | 2.80 ± 1.32 | 3.55 ± 3.61 | 21.79 ± 4.42 | 12.13 ± 5.93 |
| <i>t</i> | | 2.160 | -0.106 | 2.110 | 3.127 | 3.139 | 3.155 |
| <i>P</i> | | 0.037 | 0.916 | 0.041 | 0.003 | 0.003 | 0.003 |

表 2 多元线性回归系数估计及检验结果 (VAS 评分)

| 指标 | 非标准化系数 | | 标准系数 | <i>t</i> | <i>P</i> |
|------|---------|-------|--------|----------|----------|
| | β | 标准误差 | | | |
| 常量 | -0.568 | 6.125 | | -0.093 | 0.927 |
| FNA | 0.134 | 0.061 | 0.440 | 2.193 | 0.046 |
| NSA | -0.008 | 0.042 | -0.030 | -0.185 | 0.856 |
| PCA | -0.250 | 0.244 | -0.228 | -1.026 | 0.322 |
| FRRT | -0.039 | 0.114 | -0.062 | -0.346 | 0.735 |
| TTA | 0.120 | 0.050 | 0.420 | 2.398 | 0.031 |
| PTA | 0.160 | 0.064 | 0.445 | 2.507 | 0.025 |

表 3 多元线性回归系数估计及检验结果 (WOMAC 功能评分)

| 指标 | 非标准化系数 | | 标准系数 | <i>t</i> | <i>P</i> |
|------|---------|--------|--------|----------|----------|
| | β | 标准误差 | | | |
| 常量 | 6.247 | 24.035 | | 0.260 | 0.799 |
| FNA | 0.355 | 0.240 | 0.296 | 1.477 | 0.162 |
| NSA | -0.131 | 0.166 | -0.127 | -0.791 | 0.442 |
| PCA | -0.819 | 0.956 | -0.190 | -0.857 | 0.406 |
| FRRT | -0.067 | 0.447 | -0.027 | -0.150 | 0.883 |
| TTA | 0.538 | 0.196 | 0.481 | 2.748 | 0.016 |
| PTA | 0.665 | 0.250 | 0.472 | 2.661 | 0.019 |

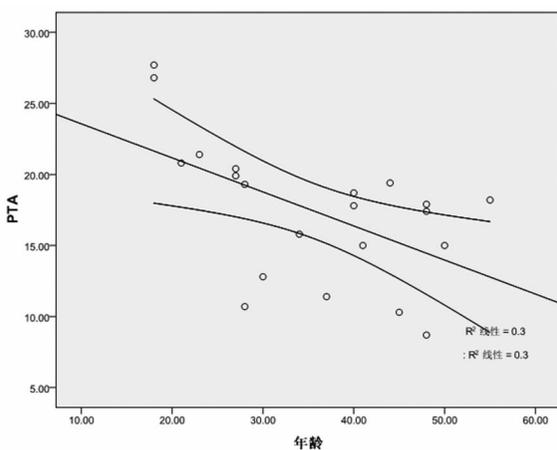


图 2 PTA 与年龄散点图 (曲线为 95%CI)

3 讨论

因髌骨的排列紊乱及过度使用而引起的髌骨不正常运动轨迹曾被认为是导致髌股关节疼痛的重要因素,但该观点仍未达到统一^[10]。VAS 评分能够反映小样本 PFP 患者疼痛的显著变化^[13],方法简便易行,相对比较客观、敏感,在临床上广泛应用。WOMAC 功能评分是根据患者症状和体征评估骨关节炎的严重程度及治疗疗效,分为疼痛、僵硬和关节功能 3 部分,本文仅采用功能评分。目前尚未见下肢力线旋转角度与 VAS 评分、WOMAC 功能评分相关关系的文献报道,本文通过统计分析发现 PTA 对上述两种评分影响最显著,可以作为 PFP 患者髌股关节解剖测量的较敏感指标。

膝关节屈曲时,髌骨外侧支持带向外牵引髌骨,若髌骨内

侧稳定结构弱于外侧,则将发生髌骨倾斜或半脱位。髌骨倾斜可衡量股四头肌发育程度,髌骨外倾增加提示其与外侧支持带力量失衡,髌骨不稳更易发生。Haim 等^[14]认为髌骨倾斜对 PFPS 的诊断有 92% 特异性和 43% 敏感性。PTA 作为评估髌骨倾斜的常用指标,测量方法较多,本文采用 Sasaki 法用超薄 CT 测量,避免了髌骨临近骨性结构的空间位置影响^[10]。有文献报道,将 PFP 患者与髌股关节完好、无 PFP 症状的单纯半月板损伤患者作对照,采用 MRI 测量 PTA,所测值分别为 $(6.89 \pm 7.58)^\circ$ 和 $(4.11 \pm 4.02)^\circ$,二者比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)^[15]。另有研究表明,髌骨不稳组髌骨外倾较对照组明显增加 ($P < 0.01$),股四头肌收缩时,前者髌骨倾斜增加 6° ,而后者仅增加 1.5° ;股四头肌放松时,前者有 83% 髌骨倾斜大于 20° ,而后者仅有 3%^[16]。无论是髌骨倾斜的程度还是髌骨外移的程度,髌股关节半脱位组都显著高于正常对照组,股四头肌收缩时上述差异更显著。本试验测得 PFP 组 PTA 值接近文献报道^[17] ($16.39 \pm 5.79^\circ$),显著大于健康对照组,其大小明显影响患者 VAS 评分和 WOMAC 功能评分,且与发病年龄呈负相关,发病较早者的 PTA 更大,提示髌骨本身的倾斜在 PFPS 发病中起着主要作用,是衡量 PFPS 患者 VAS 评分和 WOMAC 功能评分的敏感指标。

目前研究发现:下肢的旋转包括股骨、胫骨的旋转都对髌股关节力学起着重要影响,可造成髌股对合异常、髌骨支持带的紧张,导致髌股关节接触面积和压力的改变,引起 PFP^[18-19]。股骨旋转被描述为股骨近端相对远端的旋转,其内旋增加时,髌骨和股骨滑车外侧面的接触压力增加,引起软骨下骨应力增加,进而出现 PFP^[20]。FNA 作为股骨近端旋转指标,文献报道^[21] PFP 组和对照组的 FNA 分别为 $(24.4 \pm 10.5)^\circ$ 和 $(17.9 \pm 10.6)^\circ$,二者比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$),本文测得 PFP 组明显高于对照组,且显著影响患者 VAS 评分。PCA 作为股骨远端旋转指标,本试验测得 PFP 组较对照组明显增大 ($P < 0.05$),但有文献报道髌骨脱位组 PCA 较 PFP 组和健康对照组明显增大 ($P < 0.05$),而 PFP 组和健康对照组比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)^[21]。比较 FNA 及 PCA 结果可推测股骨旋转增加在 PFPS 发病中起着一定作用。胫骨旋转定义为胫骨近端相对远端的解剖扭转,可用 TTA 衡量,CT 被认为是检测其大小的金标准^[22]。胫骨扭转异常可能与 PFPS 和髌股关节不稳的发生密切相关,当胫骨固定在外旋 15° ,髌骨外侧面上的压力和接触面积增加,膝关节屈曲过程中髌股关节接触压力的平均值和最高值均明显增加^[23-24]。有文献报道^[21],PFP 组和对照组的 TTA 分别为 $(25.2 \pm 8.8)^\circ$ 和 $(21.8 \pm 9.0)^\circ$,二者比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$),本研究与其结果相似,且 TTA 增加程度明显影响患者 VAS 评分和 WOMAC 功能评分 ($P < 0.05$),提示胫骨外旋过大与 PFP 密切相关。

综上所述,下肢特别是髌股关节的生物力学是复杂的,了解下肢力线的影响因素及其对髌骨运动轨迹的影响,有助于髌股关节疾病的诊治。本试验对下肢旋转参数进行影像学测量,探讨了下肢力线的旋转与 PFP 之间的关系,但 PFP 是否与骨性关节炎存在因果关系仍存在争议;本研究限于样本量偏小,缺乏髌股关节结构的动态观察以及不同髌周组织和肌力的对照等,仍需要进一步地研究。

参考文献:

[1] Laprade J, Culham E. Radiographic measures in subjects

- who are asymptomatic and subjects with patellofemoral pain syndrome[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2003(414): 172-182.
- [2] Fulkerson JP, Arendt EA. Anterior knee pain in females [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2000(372): 69-73.
- [3] Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Risk factors for patellofemoral pain syndrome; a systematic review[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2012, 42(2): 81-94.
- [4] Earl JE, Vetter CS. Patellofemoral pain[J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2007, 18(3): 439-458.
- [5] Crossley K, Bennell K, Green S, et al. A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain syndrome [J]. *Clin J Sport Med*, 2001, 11(2): 103-110.
- [6] Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain[J]. *Am J Sports Med*, 2002, 30(3): 447-456.
- [7] Murphy SB, Kijewski Weiner DS, Cook AJ, et al. Computed tomography in the measurement of femoral anteversion[J]. *Orthopedics*, 1978, 1(4): 299-306.
- [8] Abel MF, Sutherland DH, Wenger DR, et al. Evaluation of CT scans and 3-D reformatted images for quantitative assessment of the hip[J]. *J Pediatr Orthop*, 1994, 14(1): 48-53.
- [9] Arima J, Whiteside LA, McCarthy DS, et al. Femoral rotational alignment, based on the anteroposterior axis, in total knee arthroplasty in a valgus knee; a technical note [J]. *J Bone Joint Surg (Am)*, 1997, 77(9): 1331-1334.
- [10] Lin YF, Jan MH, Lin DH, et al. Different effects of femoral and tibial rotation on the different measurements of patella tilting; An axial computed tomography study[J]. *J Orthop Surg Res*, 2008, 3: 5.
- [11] Gigante A, Bevilacqua C, Bonetti M, et al. Increased external tibial torsion in Osgood-Schlatter disease[J]. *Acta Orthopaedica*, 2003, 74(4): 431-436.
- [12] Sasaki T, Yagi T. Subluxation of the patella[J]. *International orthopaedics*, 1986, 10(2): 115-120.
- [13] Bennell KL, Bartram S, Crossley K, et al. Outcome measures in patellofemoral pain syndrome; test retest reliability and inter-relationships[J]. *Phys Ther Sport*, 2000, 1: 34-41.
- [14] Haim A, Yaniv M, Dekel S, et al. Patellofemoral pain syndrome; validity of clinical and radiological features [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2006, 451: 223-228.
- [15] 杨滨, 谭洪波, 杨柳, 等. 髌骨横轴-股骨通髌线角在评估髌股关节排列紊乱中的作用[J]. *中华骨科杂志*, 2009, 29(2): 108-111.
- [16] Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, et al. Factors of patellar instability; an anatomic radiographic study [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1994, 2(1): 19-26.
- [17] 隋金颇, 葛帮荣, 杨文锋, 等. 膝关节参数在膝前疼痛中的意义[J]. *中国组织工程研究*, 2013, 17(9): 1633-1640.
- [18] Li G, Papannagari R, Nha KW, et al. The coupled motion of the femur and patella during in vivo weightbearing knee flexion[J]. *J Biomech Eng*, 2007, 129(6): 937-943.
- [19] Salsich GB, Perman WH. Patellofemoral joint contact area is influenced by tibiofemoral rotation alignment in individuals who have patellofemoral pain[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2007, 37(9): 521.
- [20] Collado H, Fredericson M. Patellofemoral pain syndrome [J]. *Clin Sports Med*, 2010, 29(3): 379-398.
- [21] 吴尧平. 复发性髌骨脱位的股骨髌部的旋转畸形[J]. *中国矫形外科杂志*, 2001, 8(5): 464-466.
- [22] 孙铁铮, 吕厚山, 倪磊, 等. 膝关节骨关节炎患者胫骨扭转角度的异常及临床意义[J/CD]. *中华关节外科杂志: 电子版*, 2007, 1(4): 230-233.
- [23] Csintalan RP, Schulz MM, Woo J, et al. Gender differences in patellofemoral joint biomechanics [J]. *Clin Orthop*, 2002(402): 260-269.
- [24] Lee TQ, Yang BY, Sandusky MD, et al. The effects of tibial rotation on the patellofemoral joint; assessment of the changes in in situ strain in the peripatellar retinaculum and the patellofemoral contact pressures and areas [J]. *J Rehabil Res Dev*, 2001, 38(5): 463-469.

(收稿日期: 2014-03-15 修回日期: 2014-06-20)

(上接第 4275 页)

- [5] Fresko I, Yazici H. Treatment strategies for Behcet's disease [J]. *Expert Opin Pharmacother*, 2009, 9(18): 3211-3219.
- [6] Davatchi F, Moghimi N, Mousavi M, et al. Treatment of Behcet's disease [J]. *Chronic Dis J*, 2013, 1(1): 42-54.
- [7] Chan JY, Yuen AC, Chan RY, et al. A review of the cardiovascular benefits and antioxidant properties of alliin [J]. *Phytother Res*, 2013, 27(5): 637-646.
- [8] 林创辉, 潘少奕. 大蒜素联合拜阿司匹林治疗冠心病心绞痛的应用[J]. *中外健康文摘*, 2012, 9(26): 449-450.
- [9] Zhou ZY, Chen SL, Shen N. Cytokines and Behcet's disease [J]. *Autoimmun Rev*, 2012, 11(10): 699-704.
- [10] Onur E, Kabaroglu C, Inanir I, et al. Oxidative stress impairs endothelial nitric oxide levels in Behcet's disease [J]. *Cutan Ocul Toxicol*, 2011, 30(3): 217-220.
- [11] Chen W, Qi J, Feng F, et al. Neuroprotective effect of alliin against traumatic brain injury via Akt/endothelial nitric oxide synthase pathway-mediated anti-inflammatory and anti-oxidative activities [J]. *Neurochem Int*, 2014, 68: 28-37.
- [12] Horev-Azaria L, Eliav S, Izgov N, et al. Alliin up-regulates cellular glutathione level in vascular endothelial cells [J]. *Eur J Nutr*, 2009, 48(2): 67-74.

(收稿日期: 2014-01-20 修回日期: 2014-04-22)