

陶对陶全髋关节置换在 Crowe IV 型髋关节发育不良中的疗效观察

孙菁阳, 周勇刚, 杜银桥, 朴尚, 王森, 高志森, 吴文明, 马海洋
(中国人民解放军总医院骨科, 北京 100853)

【摘要】 目的: 观察陶瓷对陶瓷全髋关节置换术(THA)在 Crowe IV 型髋关节发育不良(DDH)中的临床应用效果。方法: 回顾性分析 2008 年 4 月至 2015 年 12 月由同一名高年资医生应用第 3 代或第 4 代陶瓷对陶瓷界面 Crowe IV 型 DDH 行 THA 患者 111 例(137 髋), 单侧 85 例, 双侧 26 例, 年龄 18~68(38.88±10.83)岁, 随访时间 12~96(41.16±21.50)个月。术前及术后随访均拍摄 X 线片进行观察, 并采用 Harris 评分对临床效果进行评价。观察术后 Harris 评分的改善, 陶瓷碎裂、异响以及脱位等并发症的发生率。结果: Harris 评分由术前 56.54±15.67 提高至术后 88.30±6.86(P=0.017)。未发现假体周围明显骨溶解, 无陶瓷碎裂发生。3 髋分别因感染、股骨柄松动、下肢不等长翻修; 3 髋脱位。77 例患者记录步态及髋关节活动度, 其中 69 例患者髋关节屈曲可达 120°以上。结论: 在 Crowe IV 型 DDH 行 THA 中应用陶瓷对陶瓷界面可达到较好的临床效果。

【关键词】 髋发育不良, 先天性; 关节成形术, 置换, 髋; 人工关节; 骨界面

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.02.006

Effect of ceramic on ceramic total hip arthroplasty in Crowe IV developmental dysplasia of the hip SUN Jing-yang, ZHOU Yong-gang, DU Yin-qiao, PIAO Shang, WANG Sen, GAO Zhi-sen, WU Wen-ming, and MA Hai-yang. Department of Orthopaedics, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

ABSTRACT Objective: To observe the clinical effect of ceramic on ceramic total hip arthroplasty(THA)in Crowe IV developmental dysplasia of the hip (DDH). **Methods:** From April 2008 to December 2015, 137 hips of 111 Crowe IV DDH patients received THA using Forte or Delta ceramic on ceramic by one senior surgeon, which consists of 85 unilateral hips and 26 bilateral hips. The average age of the patients was (38.88±10.83) years old ranging from 18 to 68 years old. The mean follow-up was (41.16±21.50) months ranging from 12 to 96 months. All the patients were evaluated by Harris Hip Score. Radiographic evaluations were made preoperatively and during follow-up. Harris scores, the incidence of complications such as ceramic fracture, squeaking, dislocation were observed. **Results:** The mean preoperative Harris score was 56.54±15.67, the mean postoperative Harris score was 88.30±6.86 (P=0.017). Periprosthetic osteolysis was not detected around any cup. No ceramic fracture occurred. There were 3 cases of revision surgery due to infection, loosening of the stem and limb length discrepancy, respectively; 3 cases of dislocation occurred. Seventy-seven patients were recorded the gait and the hip mobility, the hip flexion of 69 patients were above 120 degrees. **Conclusion:** Ceramic on ceramic bearing showed an encouraging result in Crowe IV DDH total hip arthroplasty.

KEYWORDS Hip dysplasia, congenital; Arthroplasty, replacement, hip; Joint prosthesis; Bone-implant interface

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(2):124-128 www.zggszz.com

全髋关节置换是成年 Crowe IV 型髋关节发育不良(DDH)的主要治疗方法, 通过重建髋关节旋转中心, 恢复下肢长度来缓解疼痛、纠正步态, 进而改善生活质量。因为 Crowe IV 型 DDH 患者长期高脱位, 导致髋关节解剖结构变异, 所以真臼的寻找、臼杯安放、界面选取、股骨前倾调整、软组织松解及安全复位等方面是要综合考虑的^[1]。Crowe IV 型 DDH 患者

大部分为中青年, 对假体生存率、活动和功能的要求相对较高。Crowe IV 型 DDH 全髋关节置换术中, 有很多种界面选择, 包括陶瓷对陶瓷, 陶瓷对聚乙烯, 金属对聚乙烯, 金属对金属。聚乙烯磨损颗粒导致的骨溶解是假体无菌性松动的主要原因^[2-3]。高交联聚乙烯虽然比一般聚乙烯磨损率降低, 但产生磨损颗粒的问题仍未得到解决^[4]。为此有人提出硬对硬相关节, 如金属对金属与陶瓷对陶瓷界面, 相比之下, 它们显著降低界面磨损率, 并且在臼杯直径确定的情况下, 可以选用直径更大的球头, 以降低脱位率。

通讯作者: 周勇刚 E-mail: zhouyg@263.net

Corresponding author: ZHOU Yong-gang E-mail: zhouyg@263.net

但是金属对金属界面有许多合并症如局部组织不良反应(ALTRs)、金属腐蚀等,因此陶瓷对陶瓷界面是相对合适的选择^[5]。此外陶瓷假体应用以来,被报道有股骨头和内衬碎裂及异响的案例发生。自经过热等静压处理的第 3 代氧化铝陶瓷投入使用后,其更小的晶粒尺寸和极高的化学纯度大大提高了材料的强度。第 4 代陶瓷加入金属锆及氧化物更是在硬度、刚度及摩擦系数方面做出了改进,极大减少了碎裂的发生^[6]。而异响发生的机制目前尚未明确,普遍认为其发生与假体材质、安放位置,软组织松弛度及患者自身条件等相关^[7]。2008 年 4 月至 2015 年 12 月,本文回顾性纳入 111 例于我院行陶瓷对陶瓷界面 THA 的 Crowe IV 型^[8]DDH 患者,旨在探究应用陶瓷界面的安全性,以及患者术后的功能活动,为临床上选择假体提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

111 例 Crowe IV 型 DDH 患者(137 髋)中,男 9 例(14 髋),女 102 例(123 髋),年龄 18~68(38.88±10.83)岁;85 例为单侧,26 例为双侧。随访时间 12~96(41.16±21.50)个月。BMI(22.82±3.27) kg/m²;继发白形成 47 例(34%)。

1.2 病例选择

诊断标准:高脱位的 Crowe IV 型 DDH,即头颈结合部到泪滴连线的垂直距离与正常侧股骨头纵径的比值>100%,或该垂直距离与骨盆高度的比值>20%。入选标准:符合 Crowe IV 型分型。排除标准:继发于化脓性关节炎的髋关节高脱位。

1.3 治疗方法

手术均由我院同一名经验丰富的关节外科医生完成。手术均采用后外侧入路,分离外旋肌群,切开

关节囊,切除股骨头。松解髂腰肌止点及臀大肌反折部,顺着拉长的关节囊寻找真臼,并切除前方关节囊。在真臼偏向后方下方磨锉,应用 Forte 陶瓷界面(图 1)的患者需将髋臼磨锉至 44 mm 或 46 mm,置入 46 mm 或 48 mm Duraloc Option 杯,应用 Delta 陶瓷界面(图 2)的患者需将髋臼磨锉至 43 mm 或 45 mm,置入 44 mm 或 46 mm Pinnacle 杯,均以 2 枚松质骨螺钉固定。冲洗干净金属杯内壁,使用吸盘放置内衬,随后触摸内衬四周检验是否平整,再打紧。股骨侧行髓腔开口,所有患者使用 S-ROM 假体(Depuy),按步骤行远端扩髓、近端锥形扩髓、股骨矩处袖套扩髓。袖套试模安装合适后,放置股骨假体及股骨头试模,试行复位。复位困难者测量助手牵拉下肢时股骨头试模中心与髋臼中心距离,向下延长切口,显露股骨粗隆下部分,参照测量长度标记截骨位置,预先于截骨块近端及远端捆扎钢丝,平行截除一段长度的股骨,安装股骨假体,打实使截骨端紧密接触。依次用湿润及干燥纱布擦拭股骨假体锥部,沿锥部纵轴放置陶瓷股骨头假体,并打紧。术后若外展时较紧,则翻身行内收肌松解。

术后康复:患者术后卧床时屈髋屈膝 50°,若出现麻木及运动减退的神经症状,给予激素及甲钴胺对症处理。术后 3 d 拄双拐下地行走,酌情负重,术后 7 周可拄单拐,全负重,术后 8 周可全部弃拐。部分截骨患者适当延长卧床时间至 3 周,并拄双拐至术后 2 个月,再过 1 周全部弃拐。患者术后 1 个月可行侧身抬腿锻炼,加快外展肌力量恢复。

1.4 观察项目与方法

术后 3、6、12 个月及之后每年于门诊复查或电话随访,随访内容包括体格检查、步态、Trendelenburg 征,通过 X 线片测量臼杯安放的角度,评价髋



图 1 患者,女,43 岁,双髋关节发育不良继发骨关节炎。双侧 Crowe IV 型 1a. 术前 X 线片 1b. 双髋置换术后 X 线片 1c. 术后 7 年复查 X 线片示假体位置良好

Fig.1 A 43-year-old female patient with bilateral developmental dysplasia of the hip with secondary osteoarthritis. Crowe type IV in bilateral hips 1a. Preoperative X-ray of bilateral hips 1b. X-ray after bilateral total hip arthroplasty 1c. Postoperative X-ray showed prostheses in place at the 7th year follow-up



图 2 患者,男,25 岁,左髋关节发育不良继发骨关节炎。Crowe IV 型 1a. 术前 X 线片 1b. 全髋置换术后 X 线片 1c. 术后 1 年复查 X 线片示假体位置良好

Fig. 2 A 25-year-old male patient with left developmental dysplasia of the hip with secondary osteoarthritis. Crowe type IV 1a. Preoperative X-ray 1b. X-ray after total hip arthroplasty 1c. Postoperative X-ray showed prostheses in place at the 1st year follow-up

白假体及股骨假体的位置,周围骨溶解情况,异位骨化的程度。使用 Harris 评分系统评价髋关节功能。记录术中及术后并发症,如神经损伤、脱位、假体周围骨折等。

1.5 统计学处理

所有收集数据采用 SPSS 20.0 软件进行统计处理,应用配对 t 检验比较手术前后 Harris 评分的差异。所有统计学检验采用双侧 95% 的显著性水平,以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般观察结果

本研究 52 髋应用 Forte 陶瓷界面,并使用 Duraloc Option 杯,其中选用 46 mm 有 45 髋。85 髋应用 Delta 陶瓷界面,并使用 Pinnacle 杯,平均白杯直径(45.09±1.33) mm。均选用直径 28 mm 球头。术后 X 线测出白杯外展角平均(40.88±4.27)°,白杯前倾或后倾角的绝对值平均(16.03±7.15)°。97 髋行粗隆下截骨,平均截骨长度为(3.51±0.96) cm。24 髋使用 Cone 假体。

2.2 疗效评价结果

本研究有 9 例(11 髋)失访(8%)。其余获随访,时间 12~96(41.16±21.50)个月。Harris 评分由术前 56.54±15.67 提高至术后 88.30±6.86(P=0.000),见表 1。

2.3 并发症

截至末次随访,本组 3 髋实行翻修手术。1 髋因屎肠球菌感染,股骨假体松动,截骨处不愈合于术后 20 个月行翻修手术。1 髋股骨侧 Cone 假体进行性松动下沉,存在微动导致无骨长入,于术后 62 个月行翻修手术。1 髋因下肢短缩约 1.5 cm,于术后 19 个月行翻修手术。

其余患者无陶瓷股骨头或陶瓷衬碎裂、髋臼假体无菌性松动、下肢静脉血栓形成及切口愈合不良

表 1 Crowe IV 型髋关节发育不良 102 例患者术前与末次随访 Harris 评分比较(x±s)

Tab.1 Comparison of Harris scores between the final follow-up and preoperation of 102 patients with Crowe IV developmental dysplasia of the hip(x±s)

| 时间 | 疼痛 | 功能 | 总分 |
|------|-------------|------------|-------------|
| 术前 | 25.73±11.21 | 30.81±9.62 | 56.54±15.67 |
| 末次随访 | 40.35±4.77 | 47.96±7.49 | 88.30±6.86 |
| t 值 | -6.535 | -5.181 | -12.236 |
| P 值 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |

等并发症发生。未发现髋臼移位或外展角改变。所有白杯稳定,未发现明显骨溶解和异位骨化。复查 X 线 24 髋发现股骨柄尖端周围硬化线,其中 4 髋在股骨柄远端形成基座。

假体周围骨折:术中假体周围骨折 2 例:1 例耻骨支微骨折;1 例双侧股骨远端纵行裂,均于术后第 2 天拍片时发现,未特殊处理,复查见愈合良好。术后假体周围骨折 2 例:1 例 BMI 值 29.6,术后第 4 天下地后出现股骨干骨折,行骨折近端钢丝捆扎,贯穿骨折线处 3 根捆绑带捆扎;1 例术后 28 个月摔倒致股骨假体远端处斜行骨折,行切开复位钢板内固定异体骨板植骨术。

神经症状:6 例术后出现股神经症状,1 例坐位时伸膝无力,2 个月后肌力明显恢复;4 例小腿内侧麻木,分别于 1~12 个月内麻木感消失;1 例大腿前方麻木,术后 24 个月麻木感减退但未消失。1 髋术后同时出现坐骨神经症状,表现为小腿前方麻木,术后 44 个月麻木感减退但未消失。

疼痛:2 髋因 Trendelenburg 征阳性于久行后髋部感疼痛;4 例膝关节术后肌肉紧张,外翻加重,行走时感疼痛;1 例双髋置换术后感双侧腹股沟上方

疼痛,末次随访 X 线未见髌臼假体异常。

稳定性:术后 3 例出现脱位:1 例出院第 2 天出现,全麻手法复位,未佩戴支具;1 例术后 4 年摔倒至脱位,麻醉下行手法整复,佩戴支具 2 个月;1 例术后 2 个月脱位,手法整复困难,行切开复位,至今未再次脱位。

异响:4 例髌臼偶尔出现异响,且至今存在,但不影响生活。3 例异响似“嘎吱”声,1 例术后 36 个月出现,多发生于动作起始时,如坐位时起身;1 例术后 3 d 扶拐下地即有;1 例术后 12 个月出现,多于上楼梯时出现。1 例异响似“咯吱”声,术后 3 d 扶拐下地即有,现蹲起和平卧直腿抬高时多见,走路时察觉不到。

2.4 患者术后步态及髌关节活动度

至末次随访记录了 77 例步态及髌关节活动度,55 例(72%)步态几乎无跛行,22 例(28%)可见明显跛行,其中 18 例(19 髌)的 Trendelenburg 征为阳性,且均为女性,5 例既往有髌部手术史。69 例(90%)可以完全深蹲,髌关节屈曲可达 120°以上,7 例(9%)可以下蹲但不能深蹲,1 例(1%)不敢下蹲。

3 讨论

3.1 陶瓷界面适合 Crowe IV 型 DDH 患者

Crowe IV 型 DDH 患者多为中青年,笔者的研究人群平均年龄为 38 岁,其中年龄最小 18 岁,他们对假体在位率有很高的要求,因此磨损率低且并发症少的界面是 Crowe IV 型 DDH 患者合适的选择。在以前,应用金属对聚乙烯界面,但长期门诊复查显示聚乙烯内衬磨损严重,并有明显的骨溶解,导致假体松动。Higuchi 等^[9]报道金属对聚乙烯界面 THA 中 3.7% 出现白杯的无菌性松动,在年平均磨损率可达到陶瓷对陶瓷界面的 2 倍以上,并且 Kaplan-Meier 生存分析中 10 年生存率为 96.3%,低于陶瓷对陶瓷界面。甚至 Berry 等^[10]报道了聚乙烯内衬磨穿的案例。陶瓷对陶瓷界面被认为是磨损率最低的,并且在体外陶瓷颗粒的生物活性实验中显示,陶瓷颗粒是惰性的,此外即使是在边缘负重情况下陶瓷界面产生的大量磨损颗粒也不在足以介导巨噬细胞产生 TNF- α 的尺寸范围内(0.1~1 μm)^[11]。

目前尚无陶瓷对陶瓷假体可引起骨溶解的报道,本次研究结果中无因骨溶解导致假体松动。由于高交联聚乙烯的出现,部分人支持使用陶瓷对聚乙烯界面,认为其可以降低磨损,减少骨溶解,然而这并没有从根本上解决骨溶解的问题。Illgen 等^[12]表明高交联聚乙烯比同等剂量的普通聚乙烯具有更强的生物活性,Schroder 等^[13]还报道高交联聚乙烯的内衬较普通聚乙烯更容易碎裂。

3.2 应用陶瓷界面术后髌关节的稳定性

以前使用金属对聚乙烯界面时,将髌臼磨锉到 40~42 mm,使用直径 22 mm 的金属球头,应用第 3 代及第 4 代陶瓷界面以来,得益于陶瓷的坚硬与耐磨性质,可以使用直径 28 mm 的陶瓷球头,减少了脱位的可能。本研究结果具有较低的脱位率,3 例(2%)出现术后脱位,3 例均应用 Forte 陶瓷对陶瓷界面,直径 28 mm 球头,1 例出院第 2 天脱位,髌臼前倾角为 7.16°,外展角为 49.9°;1 例术后 4 年摔倒致脱位,髌臼前倾角为 23.57°,外展角为 38.5°;1 例术后 2 个月脱位,髌臼前倾角为 7.5°,外展角为 42.2°。3 例复位后至今未再次出现脱位。Crowe IV 型 DDH 患者髌臼存在解剖异常,本次研究均使用 S-ROM 假体可以调节股骨前倾角,因此在髌臼安放时重点是获得最大的自体骨覆盖,而不太强调白杯前倾角,通过 S-ROM 调整来获得理想的联合前倾角,所以不能单纯以髌臼前倾角大小来判断白杯安放是否正确。并且脱位受多因素影响,与外展肌力、体位、外界因素等亦相关。

3.3 陶瓷碎裂率低

本研究结果无陶瓷内衬和股骨头碎裂。陶瓷界面的碎裂不仅仅与自身材料特性相关,还受假体设计、手术技术等影响。陶瓷内衬的碎裂首先可能与自身厚度不够有关,其次主要源于内衬与白杯内壁接触不均匀。一方面是外界因素,如组织碎屑、血渍、金属白杯内表面的形变、凸出内表面的螺钉等,使局部应力过度集中,另一方面是内衬自身放置的困难,白杯容纳内衬的莫氏锥如果偏狭窄,则使内衬的放置对线不良的可能性增大,产生过度外周应力,如所使用 Pinnacle 白杯,需要借助皮碗精确放置陶瓷内衬,还有部分设计将白杯的莫氏锥高度增加^[14]。术中,先将股骨柄的莫氏锥擦拭干净,然后顺着锥的纵轴插入股骨头,并打实。因此保证锥的清洁和不受损是降低陶瓷头碎裂率的重要因素。

在对第 1 代和第 2 代陶瓷界面回收分析中,可见一些陶瓷头和内衬上有长而狭窄的损伤部分,称之为条形磨损,它是陶瓷头与内衬边缘线性接触的结果^[15]。本研究随访中未发现有陶瓷碎裂的病例,无法对条形磨损进行观察研究。条形磨损是否有导致陶瓷碎裂的隐患,还需要进一步的假体回收分析。

3.4 异响发生率低

Charnley^[16]首次报道陶瓷对陶瓷界面的异响。异响可见于硬对硬界面如陶瓷界面和金属对金属界面。异响有很多种,包括嘎吱声、碾磨声、咯吱声等。嘎吱声主要考虑为髌关节软组织松弛,微分离的陶瓷头回位时与陶瓷内衬撞击的声音,而咯吱声即为

大部分研究所关注并担忧的“squeaking”。本组结果中 4 例髋部偶尔出现异响, 1 例异响似“咯吱”声, 为 Delta 陶瓷界面, 术后 3 d 扶拐下地即有, 现蹲起和平卧直腿抬高时多见, 走路时察觉不到。以下仅讨论音似咯吱声的异响, 异响可能受以下因素影响: 如患者自身条件, 假体设计及安放位置不良, 微分离、液膜润滑受到破坏、金属磨屑形成三体磨损颗粒等。从陶瓷假体回收分析中得知, 撞击和条形磨损是常见的, 但是异响的出现概率却较低^[15]。于是 Sariali 等^[17]考虑到异响可能与界面润滑的破坏有关系, 研究表明在股骨颈与髋臼缘撞击以及陶瓷头微分离与髋臼缘接触时产生的金属磨屑, 成为三体磨损颗粒, 中断了界面润滑, 最终出现异响, 目前这是公认的原因。本组使用的髋臼假体均无金属高边, 所以异响的发生率极低。

3.5 局限性

本研究具有以下几点局限性: (1) 本研究为横断面研究, 未能进行与金属对聚乙烯及陶瓷对聚乙烯界面的病例对照; (2) 未将陶瓷界面进一步划分为第 3 代和第 4 代陶瓷界面, 结果可能存在偏倚; (3) 由于陶瓷对陶瓷假体在位率极高, 本研究无法提供回收的假体来进行条形磨损的分析; (4) 条形磨损, 以及发生概率较低的异响, 是否会导致陶瓷假体的远期失败, 需要更长时间的随访来进一步研究。

本组研究结果中, 有 3 例髋关节需要翻修, 无因为骨溶解引起的假体松动, 且未发现明显的骨溶解, 无陶瓷假体的失败, 生存率达 97.7%, 并且患者髋关节功能和疼痛明显改善。由此可见, 在这些相对年轻、髋关节解剖结构异常、极有可能面临翻修的 Crowe IV 型 DDH 患者中, 陶瓷对陶瓷界面是最为合适的选择, 并且是安全有效的。

参考文献

- [1] Yasgur DJ, Stuchin SA, Adler EM, et al. Subtrochanteric femoral shortening osteotomy in total hip arthroplasty for high-riding developmental dislocation of the hip [J]. *J Arthroplasty*, 1997, 12(8): 880-888.
- [2] Fisher J, McEwen HM, Tipper JL, et al. Wear, debris, and biologic activity of cross-linked polyethylene in the knee: benefits and potential concerns [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2004, 428: 114-119.
- [3] Endo M, Tipper JL, Barton DC, et al. Comparison of wear, wear debris and functional biological activity of moderately crosslinked and non-crosslinked polyethylenes in hip prostheses [J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2002, 216(2): 111-122.
- [4] Leung SB, Egawa H, Stepniewski A, et al. Incidence and volume of pelvic osteolysis at early follow-up with highly cross-linked and noncross-linked polyethylene [J]. *J Arthroplasty*, 2007, 22(6 Suppl 2): 134-139.
- [5] Baki ME, Timurkaynak A, Ayd NH, et al. Metal-on-metal dysplasia cup total hip arthroplasty for hip osteoarthritis secondary to developmental dysplasia of the hip [J]. *Ekleml Hastalik Cerrahisi*, 2014, 25(3): 154-157.
- [6] Al-Hajjar M, Leslie IJ, Tipper J, et al. Effect of cup inclination angle during microseparation and rim loading on the wear of BIOLOX® delta ceramic-on-ceramic total hip replacement [J]. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 2010, 95(2): 263-268.
- [7] Restrepo C, Matar WY, Parvizi J, et al. Natural history of squeaking after total hip arthroplasty [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2010, 468(9): 2340-2345.
- [8] Crowe JF, Mani VJ, Ranawat CS. Total hip replacement in congenital dislocation and dysplasia of the hip [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1979, 61(1): 15-23.
- [9] Higuchi Y, Hasegawa Y, Seki T, et al. Significantly lower wear of ceramic-on-ceramic bearings than metal-on-highly cross-linked polyethylene bearings: a 10-to 14-year follow-up study [J]. *J Arthroplasty*, 2016, 31(6): 1246-1250.
- [10] Berry DJ, Barnes CL, Scott RD, et al. Catastrophic failure of the polyethylene liner of uncemented acetabular components [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1994, 76(4): 575-578.
- [11] Hatton A, Nevelos JE, Matthews JB, et al. Effects of clinically relevant alumina ceramic wear particles on TNF- α production by human peripheral blood mononuclear phagocytes [J]. *Biomaterials*, 2003, 24(7): 1193-1204.
- [12] Ilgen RL, Bauer LM, Hotujec BT, et al. Highly crosslinked vs conventional polyethylene particles: relative in vivo inflammatory response [J]. *J Arthroplasty*, 2009, 24(1): 117-124.
- [13] Schroder DT, Kelly NH, Wright TM, et al. Retrieved highly crosslinked UHMWPE acetabular liners have similar wear damage as conventional UHMWPE [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(2): 387-394.
- [14] Masonis JL, Bourne RB, Ries MD, et al. Zirconia femoral head fractures: a clinical and retrieval analysis [J]. *J Arthroplasty*, 2004, 19(7): 898-905.
- [15] Walter WL, Insley GM, Walter WK, et al. Edge loading in third generation alumina ceramic-on-ceramic bearings: stripe wear [J]. *J Arthroplasty*, 2004, 19(4): 402-413.
- [16] Chamley J. Long-term results of low-friction arthroplasty [J]. *Hip*, 1982, 42-49.
- [17] Sariali E, Stewart T, Jin Z, et al. Three-dimensional modeling of in vitro hip kinematics under micro-separation regime for ceramic on ceramic total hip prosthesis: an analysis of vibration and noise [J]. *J Biomech*, 2010, 43(2): 326-33.

(收稿日期: 2017-10-20 本文编辑: 王玉蔓)