

# 不同硬对硬摩擦界面全髋关节置换术后 血清钴、铬浓度及临床疗效比较

程兴旺<sup>1</sup>, 沈彬<sup>1△</sup>, 郑波<sup>2</sup>, 杨静<sup>1</sup>, 周宗科<sup>1</sup>, 康鹏德<sup>1</sup>, 裴福兴<sup>1</sup>

1. 四川大学华西医院 骨科(成都 610041); 2. 四川大学华西公共卫生学院 分析测试中心(成都 610041)

**【摘要】 目的** 比较全髋关节置换术(total hip arthroplasty, THA)中使用3种不同硬对硬界面后,2年内血清钴、铬金属离子浓度的变化,以及临床疗效有无差异。**方法** 90例THA患者分为陶瓷对陶瓷(COC)、陶瓷对金属(COM)、金属对金属(MOM)3组,每组30例。术前,术后3、6、12、24月检测血清钴、铬金属离子浓度,进行Harris评分,对患髋进行X片连续性观察和彩超检查。**结果** 3组术后24月患髋Harris评分达优率均为100%,连续X片显示髋臼假体周围未见透亮线、骨溶解等,彩超均未发现炎性假瘤。术后COM组和MOM组内金属离子浓度迅速升高,至12月时变化趋于平稳,并表现出下降趋势。但MOM组中铬离子浓度则继续上升,24月与12月时比较差异具有统计学意义(上升了 $0.48\text{ }\mu\text{g/L}$ ,  $P=0.021$ )。术后各时间点COC组相对恒定,MOM组钴、铬金属离子浓度大于COC组和COM组( $P<0.05$ )。**结论** 3种硬对硬界面术后功能恢复好,无炎性假瘤、骨溶解的发生,都取得了满意的临床效果。COM血清钴、铬金属离子浓度低于MOM,高于COC。

**【关键词】** 全髋关节置换术 金属离子 陶瓷对金属 炎性假瘤

**Clinical Efficacy and Serum Cobalt, Chromium Metal Ion Concentrations after Total Hip Arthroplasty with Three Different Hard-on-Hard Bearings** CHENG Xing-wang<sup>1</sup>, SHEN Bin<sup>1△</sup>, ZHENG Bo<sup>2</sup>, YANG Jing<sup>1</sup>, ZHOU Zong-ke<sup>1</sup>, KANG Peng-de<sup>1</sup>, PEI Fu-xing<sup>1</sup>. 1. Department of Orthopaedics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Analysis and Testing Center, West China School of Public Health, Sichuan University, Chengdu 610041, China

△ Corresponding author, E-mail: shenbin1971@yahoo.com

**【Abstract】 Objective** To compare the clinical efficacy and serum concentrations of cobalt, chromium metal ion in three different hard-on-hard bearings after total hip arthroplasty at 2-years postoperatively. **Methods** Ninety (90) THA patients were divided into ceramic-on-ceramic (COC), ceramic-on-metal (COM), metal-on-metal (MOM) group ( $n=30$  in each group). At preoperative and 3, 6, 12, 24 months postoperative 5 time points, serum concentrations of cobalt and chromium metal ion were measured, Harris hip score was evaluated, X-rays and color doppler ultrasound examination of the ipsilateral hip also were observed. **Results** The excellent rates of Harris hip score were 100% in three groups. Continuous X-rays showed no radiolucent line around the acetabular component, no osteolysis, and no inflammatory pseudotumor. After the THA operation, the metal ion levels in COM and MOM groups increased rapidly, and stabilized at 12 months, then showed a downward trend, but the chromium ion level of MOM continued to rise at 24 months, with a significant difference when compared with that at 12 months (an increase of  $0.48\text{ }\mu\text{g/L}$ ,  $P=0.021$ ). The serum concentrations of metal ion in COC group were relatively constant at all time points, and the cobalt, chromium ion levels of MOM group were significantly higher than those of COC and COM group. **Conclusion** The postoperative functional recovery of the three hard-on-hard bearings all were good, and no inflammatory pseudotumor and osteolysis were found. The serum levels of cobalt, chromium ion of COM were lower than those of MOM, but higher than those of COC.

**【Key words】** Total hip arthroplasty Metal ion Ceramic-on-metal Inflammatory pseudotumor

在进行全髋关节置换术时,假体界面的选择一直是手术医生比较关注的问题。目前临床中使用的硬对硬界面包括陶瓷对陶瓷界面(ceramic-on-ceramic, COC)、陶瓷对金属界面(ceramic-on-metal,

COM)、金属对金属界面(metal-on-metal, MOM)等3种。COC摩擦界面具有较高的表面抛光度,容积磨损率极低,较好的生物相容性,不产生钴、铬等金属离子,这些都使得COC成为育龄期、金属过敏、合并肾功能障碍等患者最好的选择界面<sup>[1]</sup>,但COC中陶瓷头破裂(0.004%)、陶瓷内衬破裂(0.22%)和

关节异响等(10.6%),又在一定程度制约了其临床应用<sup>[2,3]</sup>。MOM 由于使用了高碳含量的钴铬钼合金,减少了容积磨损、增加了关节稳定性,可以适用于日常活动量较大的年轻患者,但是血清金属离子浓度、骨溶解(2.6%)、炎性假瘤(0.15%~8.0%)等不良反应也在一定程度上限制了其应用<sup>[4,5]</sup>。COM 指的是陶瓷头对金属内衬,有 10 年的发展史,实验室研究发现其磨损率是 MOM 的 1/6,临床短期小样本随访研究显示钴、铬金属离子浓度显著低于 MOM<sup>[6,7]</sup>。已有研究显示<sup>[8]</sup>,COC、MOM 等硬对硬界面引起翻修的主要原因为臼杯位置安放不正,通常外展角大于 55°,前倾角大于 25°。由于 COM 应用临床时间较短,目前缺乏此 3 种硬对硬界面术后金属离子浓度和疗效的比较,因此本研究在这方面进行了探讨。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2009 年 3~9 月符合以下纳入和排除标准,拟行初次全髋关节置换的患者纳入研究。所有患者术前均签署了知情同意书。纳入标准:所有患者年龄均>40 岁,无生育要求,无金属过敏,无肝肾

功能异常(术前胆红素、转氨酶、肌酐、尿素氮等均正常);初次置换,单侧发病;体内无骨科金属内置物;来自成都及其周边县市、或依从性较好;体质量指数(BMI)20~28 kg/m<sup>2</sup><sup>[9]</sup>。排除标准:各种类型的翻修、复杂的初次置换(部分髋关节发育不良、髋关节结核、股骨慢性骨髓炎等)。本研究共纳入 90 例患者,按假体界面 COC、COM、MOM 进行分组,每组 30 例。3 组患者一般资料见表 1,在性别比、年龄、BMI、术前 Harris 评分、疾病构成等差异均无统计学意义。

1.2 假体来源及手术方式

假体为强生 DePuy 公司提供(DePuy Orthopaedics Inc, Warsaw, IN),臼杯为 Pinnacle 多微孔涂层的髋臼假体,柄为 Corail 羟基磷灰石涂层的股骨柄假体,两者都为钛合金(Ti-6Al-4V)。陶瓷头或陶瓷内衬为氧化锆-氧化铝陶瓷(Biolox Delta),金属头或金属内衬为高碳含量的钴铬钼合金(Ultamet)。所有手术都由同一位骨科医生完成,手术采用后外侧入路,手术时间控制在 70 min 内,假体安放前倾角 15°±10°、外展角 40°±10°<sup>[10]</sup>,术后 24 h 开始下床进行功能锻炼。

1.3 临床疗效比较

表 1 3 组患者临床一般资料 (n=30)  
Table 1 Three groups of patient clinical general material (n=30)

| Variable                             | COC        | COM        | MOM        | P     |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|-------|
| Sex [case (%)]                       |            |            |            | >0.05 |
| Male                                 | 15 (50.0)  | 14 (46.7)  | 17 (56.7)  |       |
| Female                               | 15 (50.0)  | 16 (53.3)  | 13 (43.3)  |       |
| Age (yr.)                            | 51±3.52    | 56±2.97    | 54±4.18    | >0.05 |
| Body mass index (kg/m <sup>2</sup> ) | 22.82±2.51 | 23.47±2.26 | 23.79±2.37 | >0.05 |
| Harris hip score                     | 38±5.17    | 41±4.52    | 37±6.81    | >0.05 |
| Disease [case (%)]                   |            |            |            | >0.05 |
| Avascular necrosis of femoral head   | 13 (43.3)  | 15 (50.0)  | 13 (43.3)  |       |
| Osteoarthritis                       | 12 (40.0)  | 9 (30.0)   | 11 (36.7)  |       |
| Developmental dysplasia of hip       | 5 (16.7)   | 6 (20.0)   | 6 (20.0)   |       |

术后对患者功能锻炼进行指导,对患髋进行 Harris 评分,≥90 分为优。随访过程中观察患髋疼痛状况及局部有无包块,有无假体感染、关节脱位、关节异响等并发症发生。分别在治疗前,术后 1 d、3 月、6 月、12 月和 24 月行骨盆和单髋斜位 X 片检查,将所有 X 片进行收集整理,并依据 DeLee and Charnley 所划分的 3 个区域,进行连续性观察,比较髋臼假体相邻骨面有无圆形、椭圆形、空泡状透亮线,以确定有无骨溶解的发生<sup>[11]</sup>。且通过 X 片直接测量髋臼假体外展角,使用公式前倾角=sin<sup>-1</sup>(p/0.4D)计算前倾角<sup>[12]</sup>,观察有无假体的位移、假体周

围骨折、异位骨化、假体周围有无软组织包块等。炎性假瘤:术后 6、12、24 月时常规进行患髋彩超检查,如在假体周围观察到囊性、实性或混合性软组织团块,边界清楚,形态不规则且无血流信号,排除感染后,临床诊断炎性假瘤<sup>[5]</sup>。

1.4 血清钴、铬金属离子浓度

分别在治疗前,治疗后 3、6、12、24 月抽取患者肘部静脉血,一次 2 管各 4 mL 用于测量血清钴、铬金属离子浓度,取 2 管的平均值为试验值。钴、铬金属离子浓度使用石墨炉原子吸收光谱法(Solaar, GF95 graphite funace,Thermo Elemental,USA)进

行测定,四川大学华西公共卫生学院分析测试中心完成。

1.5 统计学方法

数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示。采用单因素方差分析进行组间比较, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床疗效

术后 90 例患者都获得了满意的随访率。3 组患者术后 2 年时,临床疗效无明显差异;跛行步态消

失,行走距离不受限,可以自己完成穿鞋、穿袜等动作,Harris 评分达优率 100%,见表 2,术后各组 Harris 评分比较差异无统计学意义;术后连续的 X 线片显示假体位置满意,髋臼外展角、前倾角都在安全范围内,见表 3,术后各组 24 月与术后 1 d 比较外层角与前倾角差异均无统计学意义,3 组在术后 24 月外展角和前倾角分别比较差异也无统计学意义。患髋 X 片、B 超检查都未发现有感染、脱位、假体周围骨折及炎性假瘤等发生。

2.2 各组患者血清钴、铬金属离子浓度

表 2 3 组患者 Harris 评分比较 ( $n=30$ )  
Table 2 Three groups were compared Harris hip scores ( $n=30$ )

| Time point             | COC            |                    | COM            |                    | MOM            |                    |
|------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
|                        | $\bar{x}\pm s$ | Excellent rate (%) | $\bar{x}\pm s$ | Excellent rate (%) | $\bar{x}\pm s$ | Excellent rate (%) |
| Preoperative           | 38±5.17        |                    | 41±4.52        |                    | 37±6.81        |                    |
| 3 month postoperative  | 87±6.22△       | 93                 | 88±5.90△       | 90                 | 88±7.56△       | 90                 |
| 6 month postoperative  | 92±6.78△       | 93                 | 91±7.12△       | 97                 | 92±8.42△       | 93                 |
| 12 month postoperative | 94±5.13△       | 97                 | 95±5.79△       | 97                 | 95±6.25△       | 100                |
| 24 month postoperative | 97±7.45△       | 100                | 96±6.32△       | 100                | 96±6.77△       | 100                |

Considered Harris hip score postoperatively $\geq 90$  as excellent. △  $P<0.05$ , vs. preoperative

表 3 臼杯外展角和前倾角 ( $n=30$ )  
Table 3 Cup abduction angle and cup anteversion ( $n=30$ )

| Time point             | COC             |             | COM             |             | MOM             |             |
|------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
|                        | Abduction angle | Anteversion | Abduction angle | Anteversion | Abduction angle | Anteversion |
| 1 day postoperative    | 45°±1.88°       | 18°±2.42°   | 44°±2.09°       | 20°±1.54°   | 44°±2.15°       | 21°±2.37°   |
| 24 month postoperative | 45°±2.67°       | 18°±2.11°   | 43°±2.36°       | 21°±1.82°   | 45°±3.79°       | 21°±1.45°   |

见表 4,术后 COM 组和 MOM 组内钴、铬金属离子浓度迅速升高,12 月时变化趋于平稳,并表现出下降趋势。但 MOM 组中铬离子浓度 24 月时继续上升,较 12 月上升 0.48  $\mu\text{g/L}$ ,两者比较差异具有统计学意义( $P=0.021$ )。

术后 MOM 组钴、铬金属离子浓度始终大于 COM 组和 COC 组,差异均具有统计学意义( $P<$

0.05)。术后 3 月时 COM 组钴离子浓度与 COC 组比较,差异无统计学意义( $P=0.104$ ),术后其余时间点两者比较差异都具有统计学意义( $P<0.05$ )。术后 12 月,MOM 组钴离子浓度,COM 组与 COC 组铬离子浓度达到峰值。此时 MOM 组钴、铬金属离子浓度较术前升高了 10.4 倍、8.9 倍,COM 组升高了 7.2 倍、6.5 倍。

表 4 3 个组血清钴和铬金属离子浓度 ( $\mu\text{g/L}$ , $n=30$ )  
Table 4 Serum cobalt and chromium ion levels in 3 different groups ( $\mu\text{g/L}$ , $n=30$ )

| Time point             | COC       |           | COM           |               | MOM              |                  |
|------------------------|-----------|-----------|---------------|---------------|------------------|------------------|
|                        | Cobalt    | Chromium  | Cobalt        | Chromium      | Cobalt           | Chromium         |
| Preoperative           | 0.26±0.07 | 0.42±0.03 | 0.27±0.11     | 0.43±0.05     | 0.26±0.08        | 0.41±0.09        |
| 3 month postoperative  | 0.44±0.13 | 0.53±0.08 | 0.67±0.09△    | 0.96±0.24△, # | 1.42±0.12△, *, # | 2.00±0.38△, *, # |
| 6 month postoperative  | 0.42±0.11 | 0.59±0.06 | 1.03±0.31△, # | 1.57±0.19△, # | 1.51±0.16*, #    | 2.78±0.32△, *, # |
| 12 month postoperative | 0.39±0.11 | 0.59±0.12 | 1.95±0.14△, # | 2.78±0.65△, # | 2.71±0.17△, *, # | 3.67±0.71△, *, # |
| 24 month postoperative | 0.36±0.06 | 0.40±0.11 | 2.03±0.19#    | 2.71±0.57#    | 2.67±0.41*, #    | 4.15±0.48△, *, # |

△  $P<0.05$ , vs. next time point in the same group; \*  $P<0.05$ , vs. COM group at the same time point; #  $P<0.05$ , vs. COC group at the same time point

3 讨论

3.1 术后 3 组患者临床疗效比较

本组研究中,COC、COM、MOM 3 组硬对硬摩擦界面术后 2 年 Harris 评分达优率 100%,无假体松动、骨溶解的发生,都取得了满意的临床效果。另

一种硬对硬摩擦界面金属对陶瓷(metal on ceramic, MOC),则在临床和实验室研究中均被证实为一种失败的组配方式。Valenti等<sup>[13]</sup>报道的1例翻修MOC患者显示,假体周围产生了直径超过14 cm大小炎性假瘤,金属头上面有很多较深的划痕,陶瓷内衬上则布满金属转移的痕迹。Williams等<sup>[14]</sup>的实验室报道,MOC整体的磨损率( $0.71 \pm 0.30$ ) mm<sup>3</sup>/Mc(1 Mc= $1 \times 10^6$ 次循环),约是COM的4~15倍。这是因为MOC中金属头硬度不及陶瓷内衬高,当受力不均时,硬度较高的陶瓷内衬边缘可在金属头上面产生较多的条带磨损。

由于硬对硬界面表面抛光大,磨损率低,不会产生聚乙烯颗粒,因此具有较高的生存率,高于硬对软界面。Zywił等<sup>[8]</sup>的一项系统评价显示,当前临床中常采用的COC、MOM界面,在3~10年的随访中,生存率可以达到95%以上。Migaud等<sup>[15]</sup>对39例MOM和陶瓷对聚乙烯界面(ceramic-on-polyethylene, COP)患者进行了长达12年的随访,结果显示MOM组出现1例无症状性骨溶解,无翻修病例,COP组内出现18例骨溶解,其中11例翻修,磨损的聚乙烯颗粒是造成骨溶解的主要原因。

文献报道MOM配伍时,炎性假瘤的发生率为0.15%~8%<sup>[5]</sup>,在杂交配伍金属对聚乙烯界面(metal on polyethylene, MOP)中也可能出现<sup>[16]</sup>,本研究中MOM和杂交的COM组内均未发现炎性假瘤的患者。

### 3.2 术后3组患者钴、铬金属离子浓度比较

本组研究中,MOM组内的金属离子浓度始终高于COM组,因为COM中一面是具有高抛光度的氧化锆-氧化铝陶瓷头,另一面为高碳含量的钴铬合金内衬,实验室报道其磨损率为MOM的1/6。

术后3月时COM和MOM组内金属离子快速升高,这可能是因为假体刚植入体内不久,处于磨损期,相当于实验室研究中的1/3 Mc磨损,此时关节腔内会产生大量的磨损颗粒,这些金属离子的磨损颗粒电离后进入血液,引起金属离子浓度的快速升高。因COC组关节腔内不产生金属离子,因此浓度相对恒定。术后12月时,COM和MOM组内的钴离子浓度达到峰值,对应于实验室研究中的2 Mc磨损,此时开始进入平台期,磨损会逐渐减小<sup>[17]</sup>。Back等<sup>[18]</sup>发现MOM界面的THA术后患者,钴、铬金属离子浓度于术后6~12月达到峰值,约为术前10倍左右,然后逐渐下降,至术后24月仍明显高于术前水平。

本研究发现,术后24月时,钴离子浓度在COM和MOM组内变化均较小,与12月时比较差异无统计学意义,已处于平台期。铬离子浓度在COM组内已进入平台期,而在MOM组中仍继续上升,这一方面可能与铬金属自身的特性有关,另一方面可能是因为MOM的磨损率高于COM。Maezawa等<sup>[19]</sup>对MOM界面的44例THA患者进行了长期随访,发现铬离子浓度在术后3年内会持续上升,3~7年内处于平台期。

本组术后2年的随访中,3组硬对硬摩擦界面的患者都取得了满意的临床疗效,COM组血清钴、铬金属离子浓度均低于MOM,高于COC组。由于随访时间较短,血清钴、铬金属离子浓度的变化及临床疗效需要中长期的随访进一步观察。

### 参 考 文 献

- 1 Yilmaz E, Mehmet B. Indications, contraindications and complications of hip arthroplasty. *J Orthop Trauma*, 2009; 2(1):8-15.
- 2 Ha YC, Kim SY, Kim HJ, *et al.* Ceramic liner fracture after cementless alumina-on-alumina total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 2007; 458(5):106-110.
- 3 Kenny M, Christopher V, Kace AE, *et al.* Incidence of 'squeaking' after ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 2010; 468(2):413-417.
- 4 Park YS, Young WM, Seung JL, *et al.* Early osteolysis following second-generation metal-on-metal hip replacement. *J Bone Joint Surg (Am)*, 2005; 87(7):1515-1521.
- 5 Kwon YM, Thomas P, Summer P, *et al.* Pseudotumours following metal-on-metal hip resurfacing arthroplasty: metal ion and lymphocyte proliferation study. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2011; 93-B(suppl 1):66-67.
- 6 Firkins PJ, Tipper JL, Ingham E, *et al.* A novel low wearing differential hardness, ceramic-on-metal hip joint prosthesis. *J Biomech*, 2001; 34(10):1291-1298.
- 7 Isaac GH, Brockett C, Breckon A, *et al.* Ceramic-on-metal bearings in total hip replacement: whole blood metal ion levels and analysis of retrieved components. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2009; 91B(9):1134-1141.
- 8 Zywił MG, Sayeed SA, Johnson AJ, *et al.* Survival of hard-on-hard bearings in total hip arthroplasty: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res*, 2011; 469(6):1536-1546.
- 9 Flugsrud GB, Nordsletten L, Espehaug B, *et al.* The impact of body mass index on later total hip arthroplasty for primary osteoarthritis: a cohort study in 1.2 million persons. *Arthritis Rheum*, 2006; 54(3):802-807.
- 10 Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, *et al.* Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am*, 1978; 60(2):217-220.

(下转第230页)

- 8 Faran KJ, Ichioka N, Trzeciak MA, *et al.* Effect of bone quality on the forces generated by compression screws. *J Biomech*,1999;32(8):861-864.
- 9 Chang JJ, Fan JC, Lam HY, *et al.* Treatment of an osteoporotic Hoffa fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*,2010;18(6):784-786.
- 10 郭林新, 刘庆军, 郭志民等. Hoffa 骨折的内固定治疗体会. *中国骨与关节损伤杂志*,2007;22(11):957-958.
- 11 董立明. Letenneur II 型 Hoffa 骨折九例. *中华创伤杂志*,2009;25(6):545-546.
- 12 Gavaskar AS, Tummala NC, Krishnamurthy M. Operative management of Hoffa fractures—a prospective review of 18 patients. *Injury*,2011;42(12):1495-1498.
- 13 Lewis SL, Pozo JL, Muirhead-Allwood WF. Coronal fractures of the lateral femoral condyle. *J Bone Joint Surg Br*,1989;71(1):118-120.
- 14 Cristofolini L, Viceconti M, Cappello A, *et al.* Mechanical validation of whole bone composite femur models. *J Biomech*, 1996;29(4):525-535.
- 15 Papini M, Zdero R, Schemitsch EH, *et al.* The biomechanics of human femurs in axial and torsional loading: comparison of finite element analysis, human cadaveric femurs, and synthetic femurs. *J Biomech Eng*,2007;129(1):12-19.
- 16 Khalafi A, Hazelwood S, Curtiss S, *et al.* Fixation of the femoral condyles: a mechanical comparison of small and large fragment screw fixation. *J Trauma*,2008;64(3):740-744.
- 17 Du C, Ma H, Ruo M, *et al.* An experimental study on the biomechanical properties of the cancellous bones of distal femur. *Biomed Mater Eng*,2006;16(3):215-222.
- 18 Matter HP, Garrel TV, Bilderbeek U, *et al.* Biomechanical examinations of cancellous bone concerning the influence of duration and temperature of cryopreservation. *J Biomed Mater Res*,2001;55(1):40-44.
- 19 林祥波. 固定与旋转平台膝关节假体有限元、体外生物力学分析及临床应用研究. 第二军医大学:临床医学学院,2009.
- 20 Agarwal S, Giannoudis PV, Smith RM. Cruciate fracture of the distal femur; the double Hoffa fracture. *Injury*,2004;35(8):828-830.
- 21 李卫华, 刘亚波, 王满宜. 抗滑动钢板治疗 Letenneur I 型 Hoffa 骨折的生物力学研究. *中华创伤骨科杂志*,2009;11(9):850-853.
- 22 Jarit GJ, Kummer FJ, Gibber MJ, *et al.* A mechanical evaluation of two fixation methods using cancellous screws for coronal fractures of the lateral condyle of the distal femur (OTA type 33B). *J Orthop Trauma*,2006;20(4):273-276.
- 23 Elkowitz SJ, Polatsch DB, Egol KA, *et al.* Capitellum fractures: a biomechanical evaluation of three fixation methods. *J Orthop Trauma*,2002;16(7):503-506.

(2012-10-08 收稿,2012-12-25 修回)

编辑 汤 洁

(上接第 221 页)

- 11 Zweymüller KA, Schwarzingen UM, Steindl MS, *et al.* Radiolucent lines and osteolysis along tapered straight cementless titanium hip stems: a comparison of 6-year and 10-year follow-up results in 95 patients. *Acta Orthop*,2006;77(6):871-876.
- 12 Pradhan R. Planar anteversion of the acetabular cup as determined from plain anteroposteriorradiographs. *J Bone Joint Surg(Br)*,1999;81(3):431-435.
- 13 Valenti JR, Del RJ, Amillo S. Catastrophic wear in a metal-on-ceramic total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*,2007;22(6):920-922.
- 14 Williams S, Brockett CL, Hardaker C, *et al.* Novel ceramic-on-metal hip replacements. *J Bone Joint Surg(Br)*,2011;93B(suppl 1):35.
- 15 Migaud H, Putman S, Krantz N, *et al.* Cementless metal-on-metal versus ceramic-on-polyethylene hip arthroplasty in patients less than fifty years of age: a comparative study with twelve to fourteen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am*,2011;93(suppl 2):137-142.
- 16 Hananouchi T, Saito M, Nakamura N. Huge pelvic mass secondary to wear debris causing ureteral obstruction. *J Arthroplasty*,2005;20(7):946-949.
- 17 Williams S, Schepers A, Isaac G, *et al.* The 2007 Otto Aufranc Award: ceramic-on-metal hip arthroplasties: a comparative *in vitro* and *in vivo* study. *Clin Orthop Relat Res*,2007;46(5):23-32.
- 18 Back DL, Young DA, Shimmin AJ. How do serum cobalt and chromium levels change after metal-on-metal hip resurfacing. *Clin Orthop Relat Res*,2005;438(9):177-181.
- 19 Maezawa K, Nozawa M, Yuasa T, *et al.* Changes of serum chromium levels after Metasul metal-on-metal total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*,2010;25(8):1196-1200.

(2012-07-17 收稿,2012-10-19 修回)

编辑 沈 进