

# 对比两种假体进行全髋关节置换术的短期疗效及影像学结果

曾思锐, 汪国友\*, 易刚, 周鑫

(西南医科大学附属中医医院 骨伤·关节足踝科, 四川 泸州 646000)

**摘要:** **目的** 比较两种陶瓷髋关节假体在全髋关节置换术中的疗效。**方法** 回顾性分析2019年3月至2020年2月于西南医科大学附属中医医院需要行全髋关节置换术的82名患者, 其中试验组(41人)的患者接受来自北京中安泰华科技有限公司生产的国产陶瓷髋关节假体, 对照组(41人)接受来自美国 Smith & Nephew Inc.生产的进口陶瓷髋关节假体, 分别在2周、12周、26周、52周评价两组患者的Harris评分, 以及术前、术后1d、12周、26周、52周的影像学情况, 术后有无并发症、不良事件及严重不良事件的发生。**结果** 两组患者均获随访, 随访时间52个周, 术后52周对照组及试验组 Harris 评分优良率均为100%, 差异无统计学意义。术后52周影像学判定手术均成功, 均无翻修病例。术后52周内均无手术并发症的发生。试验组41例受试者有40例(97.6%)共发生126次不良事件, 2例(4.9%)受试者发生2次严重不良事件(与器械无关)。对照组41例受试者有39例(95.1%)共发生157次不良事件, 3例(8.3%)受试者发生3次严重不良事件(其中1次与器械有关)。**结论** 第四代陶瓷髋关节假体对于髋关节中晚期疾病的临床疗效肯定, 国产陶瓷髋关节的临床疗效还需要更长时间的随访与观察。

**关键词:** 全髋关节置换术; 陶瓷髋关节假体; 第四代陶瓷; 陶瓷对金属假体

**中图分类号:** R681.6

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1671-3141.2023.007.014

**本文引用格式:** 曾思锐,汪国友,易刚,等.对比两种假体进行全髋关节置换术的短期疗效及影像学结果[J].世界最新医学信息文摘,2023,23(007):75-82.

## Comparison of Short-term Efficacy and Imaging Results of Total Hip Replacement with Two Kinds of Prosthesis

ZENG Si-rui, WANG Guo-you\*, YI Gang, ZHOU Xin

(Department of Orthopedics and Ankles, Affiliated Hospital of Traditional Chinese Medicine, Southwest Medical University, Luzhou Sichuan 646000)

**ABSTRACT: Objective** Compare the efficacy of two kinds of ceramic hip endoprosthesis in total hip arthroplasty. **Methods** The analysis of 82 patients who needed total hip arthroplasty in The Affiliated Traditional Chinese Medicine Hospital of Southwest Medical University from June 2019 to February 2020 were retrospectively. Among them, the patients in the experimental group (41) received domestic ceramic hip endoprosthesis and the patients in the control group (41) received imported ceramic hip endoprosthesis. The Harris scores of the two groups were evaluated at 2 weeks, 12 weeks, 26 weeks and 52 weeks respectively, and the imaging conditions before and 1 day, 12 weeks, 26 weeks and 52 weeks after operation, and postoperative complications, adverse events

**基金项目:** 北京中安泰华科技有限公司临床试验专项(编号 ZATH-RF-T31-01); 泸州市科技创新苗子培育计划项目(项目编号 2020-RCM-65); 西南医科大学校级科研项目(项目编号 22020ZRQNB060); 泸州市人民政府-西南医科大学科技战略合作成果转化项目(项目编号 2019LZXNYDJ20C01)。

**作者简介:** 第一作者: 曾思锐, (1995-), 性别: 女, 所在科室: 西南医科大学 中医骨伤科, 在读研究生。  
**通信作者\*:** 汪国友, 职称: 副主任医师、硕士生导师, 所在科室: 西南医科大学附属中医医院 骨伤·关节足踝科。



and serious adverse events. **Results** The two groups were followed up for 52 weeks. The excellent and good rates of Harris score in the control group and the experimental group were 100% at 52 weeks after operation. There was no significant difference. All the operations were successful 52 weeks after operation, and there were no revision cases. No postoperative complications occurred within 52 weeks. In the test group, 40 (97.6%) of the 41 subjects had 126 adverse events, and 2 (4.9%) subjects had 2 serious adverse events (not related to the device). In the control group, 39 (95.1%) of the 41 subjects had 157 adverse events, and 3 (7.3%) subject had 3 serious adverse event (one of them is related to the device). **Conclusion** The clinical efficacy of the fourth generation ceramic hip prosthesis is positive for middle and advanced hip diseases. The clinical efficacy of domestic ceramic hip needs longer follow-up and observation.

**KEY WORDS:** total hip replacement; ceramic hip prosthesis; fourth-generation ceramics; ceramic-on-metal prostheses

## 0 引言

全髋关节置换术 (THA) 是常用于治疗中晚期髋关节疾病的一种临床手段, 其临床疗效得到广泛认可, 接受全髋关节置换术的中青年人群比例也越来越大, 对于假体的要求也越来越高, 在要求性能稳定、功能可靠的同时, 也要求其需要具备摩擦系数低、产生颗粒少的特点, 根据目前临床的受术患者的年龄分布, 假体设计寿命一般应高于20年 (以50年较为理想)<sup>[1-2]</sup>。虽然假体的品种琳琅满目, 但是尚未有单一材料可完全满足临床对假体的要求, 不同的假体组合都有其优缺点, 金属-金属 (MOM) 组合及金属-聚乙烯 (MOP) 组合虽然都具有较好的耐磨性, 但是有研究指出这两种组合都会产生不良局部组织反应 (ALTR) 并且释放的金属离子可能引起相关的迟发型超敏反应<sup>[3-4]</sup>, 陶瓷-陶瓷组合虽然具有最低的磨损率, 但是陶瓷材料相对容易破损。陶瓷-金属 (COM) 假体在一定程度上综合了两种假体的优缺点, 是临床上比较常见的假体材料, 我国国产的第四代陶瓷正式上市时间要晚于进口, 近几年来国内的工程师们也在不断根据国人下肢骨骼特征及关节活动特征改进假体设计。本次实验旨在观察某国产陶瓷髋关节假体与某进口陶瓷髋关节假体的临床疗效。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例纳入标准和排除标准

病例纳入标准: (1) 患者年龄在18~80岁, 性别不限, 低于50岁的患者应有手术的紧迫性诉求; (2) 患者骨骼已成熟; (3) 患者应具有全髋关节置换手术适应证。例如: 原发性退变性髋关节骨关节炎、老年股骨颈头下型或头颈型骨折、股骨头缺血坏死进入第IV期、髋臼发育不良所致的髋关节骨关节炎、类风湿关节炎或强直性脊柱炎等全身疾病髋关节受累、发育性髋脱位患者髋部严重疼痛及活动障碍、髋部创伤后骨关节炎、陈旧性髋臼骨折、难以良好手术复位的髋关节内骨折; (4) 受试者患肢为单侧接受全髋关节置换; (5) 术前, 受试者愿意并且能够签署知情同意书。

排除标准: (1) 急慢性局部或全身感染; 局部或整体的急性或慢性感染; (2) 患者神经肌肉功能不全 (例如: 麻痹、肌溶解或外展肌无力) 或神经或血管不正常; (3) 患者精神上无能力或者不能理解参与研究的要求; (4) 酗酒者或吸毒者、药物滥用者; (5) 预计依从性差; (6) 肥胖BMI>35; (7) 已知患者对一种或多种植入的材料有过敏史; (8) 髋关节或身体其他部位存在活动性感染病灶; (9) 髋关节周围具有严重的骨质疏松 (双倍能量 X 吸光测定法, 髋关节  $T \leq -2.5$ )、代谢性骨病、放

表 1 两组间一般资料与比较

组别	试验组 ( <i>n</i> =41)	对照组 ( <i>n</i> =41)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
性别男/女(例)	30/11	25/16		0.240
年龄(岁)	53.85 ± 10.12	58.02 ± 9.67	-1.884	0.275
BMI	23.54 ± 5.20	23.49 ± 4.35	0.048	0.914

射性骨病、肿瘤；(10) 孕妇或哺乳期妇女；(11) 髋关节发育不良CROWE分级3、4级；(12) 体质虚弱或因全身其他疾病不能耐受手术者，预期寿命不足2年；(13) 受试者合并的其他疾病限制其参加研究，不能依从随访或影响研究的科学性完整性；(14) 受试者入选前曾参加过其他药物、生物制剂或医疗器械临床研究而未达到主要研究终点时限者。

### 1.2 一般资料

试验组：男30例，女11例；年龄27~76岁，平均53岁。左侧髋关节22例，右侧髋关节19例。致病原因：日常生活或者工作活动长期劳损，饮酒史，曾服用激素，交通伤。对照组：男25例，女16例；年龄31~73岁，平均56岁，左侧髋关节25例，右侧髋关节16例。致伤原因：日常生活或者工作活动长期劳损，饮酒史，曾服用激素，交通伤。两组在性别、年龄、身高、体重等一般资料上比较，差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ , 表1)，具有可比性。

### 1.3 手术方式

待麻醉满意后，取侧卧位，常规消毒铺巾。选取患侧髋关节后外侧Moore切口，切口在10~15cm，逐层切开皮肤、皮下、阔筋膜，沿大转子后缘及臀大肌切开，暴露关节囊，十字切开发节囊，显露股骨头、股骨颈、股骨大小粗隆，显露髋臼，直视下清除孟唇及部分关节囊，髋臼挫打磨髋臼，磨除所有关节面软骨直至软骨下骨点状渗血，安置臼杯试模，试模满意后选择大小合适的假体置入，置入皮质骨螺钉固定，冲洗植入内衬。紧贴大转子后缘沿断面长轴开口，逐渐扩股骨髓腔，安置股骨头柄试模，复位髋关节，检查髋关节活动可，关节间隙可。脱位髋关节，取出股骨头及柄试

模，冲洗伤口，安置股骨柄及股骨头假体，复位关节，检查患髋各方向活动度良好。冲洗伤口，彻底止血，安置血浆引流管，预防粘连，逐层缝合肌肉、筋膜、皮下、皮肤，清洁敷料包扎伤口，术毕。

### 1.4 术后处理

术后止痛：通过冰敷、抬高患肢、口服或注射NSAIDs类药物止痛；预防VTE：术后使用氨甲环酸24h，根据患者术后12h内的引流情况来使用抗凝血药物；尿管应用：引流管于术后24h内拔除，预防感染：术后预防性应用抗生素24h，术后康复：患者术后第二日即可在支具的帮助下床行走，术后四天内可对患者进行远端关节康复训练，如踝泵、股四头肌及臀肌的等长收缩，术后2周到8周内对患者进行髋部近端肌力强化训练以及在无辅助装置下的正常步态，术后8周到14周内继续对患者髋部近端肌力强化训练，并逐步要求患者恢复体育活动<sup>[5]</sup>。

### 1.5 统计学方法

组间数据采用采用卡方检验或 Fisher 精确概率法，正态分布的计量资料组间比较采用成组 *t* 检验或 *t'* 检验，非正态分布的计量资料和等级资料组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。疗效指标数据应计算 95% 置信区间。

表 2 两组术后的 Harris 评分 [*n*(%)]

指标		试验组 ( <i>n</i> =41)	对照组 ( <i>n</i> =41)	<i>P</i> 值
术后 2 周内	优 / 良	4(9.8%)	5(12.2%)	0.725
	中 / 差	37(90.2%)	36(87.8%)	
术后 12 周	优 / 良	37(90.2%)	36(87.8%)	0.725
	中 / 差	4(9.8%)	5(12.2%)	
术后 26 周	优 / 良	39(95.1%)	41(100.0%)	0.155
	中 / 差	2(4.9%)		
术后 52 周	优 / 良	41(100.0%)	41(100.0%)	

表 3 两组术后的术中情况 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	试验组 ( $n=41$ )	对照组 ( $n=41$ )	$t$ 值	$P$ 值
手术时间 (min)	103.75 ± 48.81	117.92 ± 74.66	-0.761	0.525
手术出血量 (mL)	374.17 ± 197.74	323.33 ± 150.11	0.227	0.532
有无陶瓷破裂	0	0		

## 2 结果

两组患者均获随访，随访时间26~52个周，平均36个周，术后52周，试验组及对照组Harris评分优良率均为100%，组间比较差异无统计学意义，见表2。两组优良率差值的95%置信区间下限为-24.2%，小于非劣效界值-10%，试验组劣于对照组。术后2周、12周、26周、52周影像学判定手术均成功，均无翻修病例。试验过程中，试验组41例受试者有40例（97.6%）共发生126次不良事件，2例（4.9%）受试者发生2次严重不良事件（与器械无关）。对照组41例受试者有39例（95.1%）共发生157次不良事件，3例（8.3%）受试者发生3次严重不良事件（其中1次与器械有关）。不良事件和严重不良事件发生率组间比较无统计学意义。术后各次访视均无并发症发生。

## 3 讨论

全髋关节置换术（THA）作为21世纪作为成功的外科手术之一能有效降低患者的疼痛指数，改善关节活动度、恢复髋关节功能，提高患者术后的生活质量，现以广泛用于多种中晚期髋关节疾病。全髋关节置换术（THA）最早始于18世纪80年代，当时的医生们为了修复髋关节，曾尝试使用木头和象牙来完成髋关节置换术，但是效果均不理想，直到20世纪60年代英国医生Charnley提出低摩擦人工关节置换术（LFA）的理论，并设计出直径22.5 mm的金属股骨头和超高分子聚乙烯髋臼组合的假体，采用聚甲基丙烯酸甲酯（骨水泥）固定，

取得了较好的临床效果，并使得术后结果亦具有预期性<sup>[6]</sup>。直到现在，金属及聚乙烯都属于常见的假体材料，但是金属假体及聚乙烯都易产生磨损，并且有研究证明聚乙烯每年磨损超过0.1mm，骨溶解发生率将大幅升高，同时无论是金属假体还是聚乙烯假体的磨损都可能会进一步引发骨溶解和无菌性松动以及不良局部组织反应<sup>[7-8]</sup>。为了克服这一并发症，一位名叫Pierre Boutin的法国外科医生在20世纪70年代开始使用陶瓷作为髋关节假体的支撑面，陶瓷材料作为植入物，其高抗划伤性和润湿性产生的极好的液膜润滑，使得其磨损可以忽略不计<sup>[9]</sup>，并且陶瓷颗粒的生物惰性避免了假体周围骨溶解的风险，因为其磨损率较低，金属离子的释放明显减少，磨损颗粒更小，摩擦降低，润滑改善，表面更光滑，腐蚀磨损也减少。前三代陶瓷存在的低抗弯强度和低断裂韧性等缺陷使其相对容易破碎，使其无法有效地完成整体变形<sup>[10]</sup>，最新的第四代陶瓷即所谓的“氧化铝基复合材料”通过使用添加剂提升其断裂韧性并降低其磨损率，第四代陶瓷与第三代陶瓷相比，虽然其造价略高，但是断裂风险大大降低，其临床效果得到广泛认同<sup>[11-12]</sup>。陶瓷-金属（COM）的组合综合了陶瓷假体和金属的假体的优势与劣势，是目前市场上唯一存在硬对硬耦合，这种的组合磨损极小<sup>[13]</sup>，但是同样会产生铬离子、钴离子类金属离子的释放，这类金属离子的释放是否会导致局部及全身的毒性反应是这种轴承存在的主要争议，现有临床研究大多表明在植入COM髋关节假体术后中短期内人体血液金属离子升高在安全可接受的范围内，然后这种轴

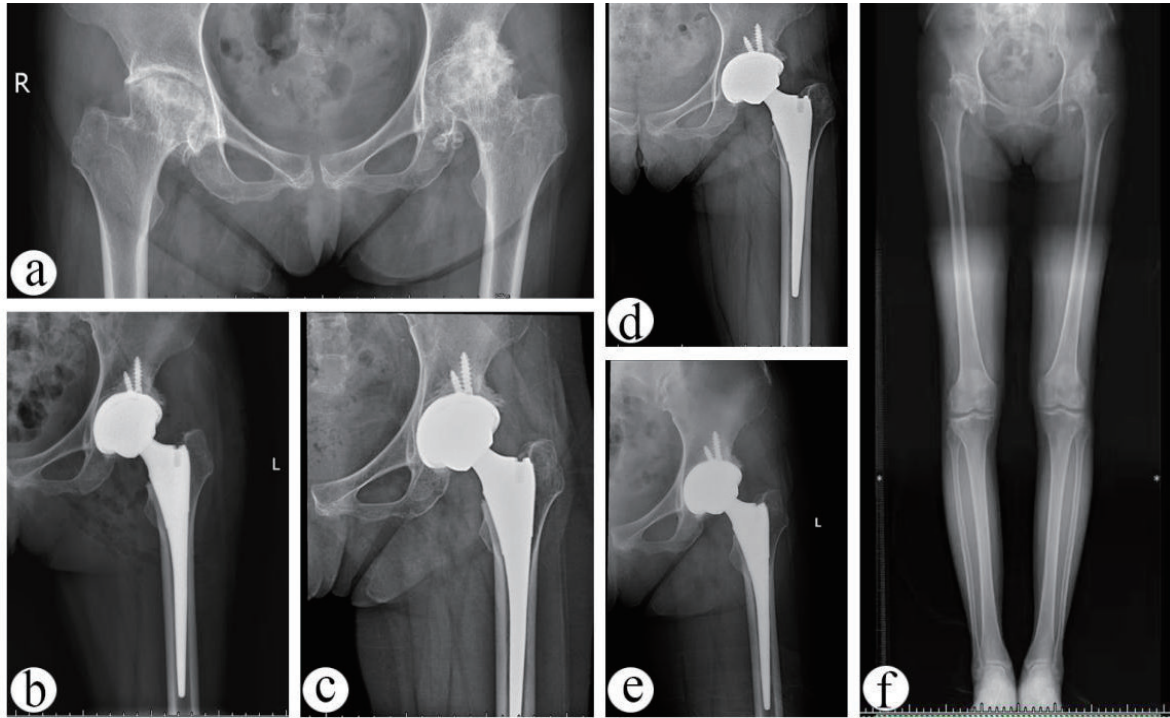


图 1 试验组

注：女 54 岁 双侧股骨头缺血性坏死（左侧 Garden IV 型）a. 术前骨盆正位 X 片；b. 术后 1d 左髋正位 X 片；c. 术后 12 周左髋正位 X 片；d. 术后 6 个月 26 周左髋正位 X 片；e. 术后 52 周左髋正位 X 片 f. 术前下肢全长 X 片

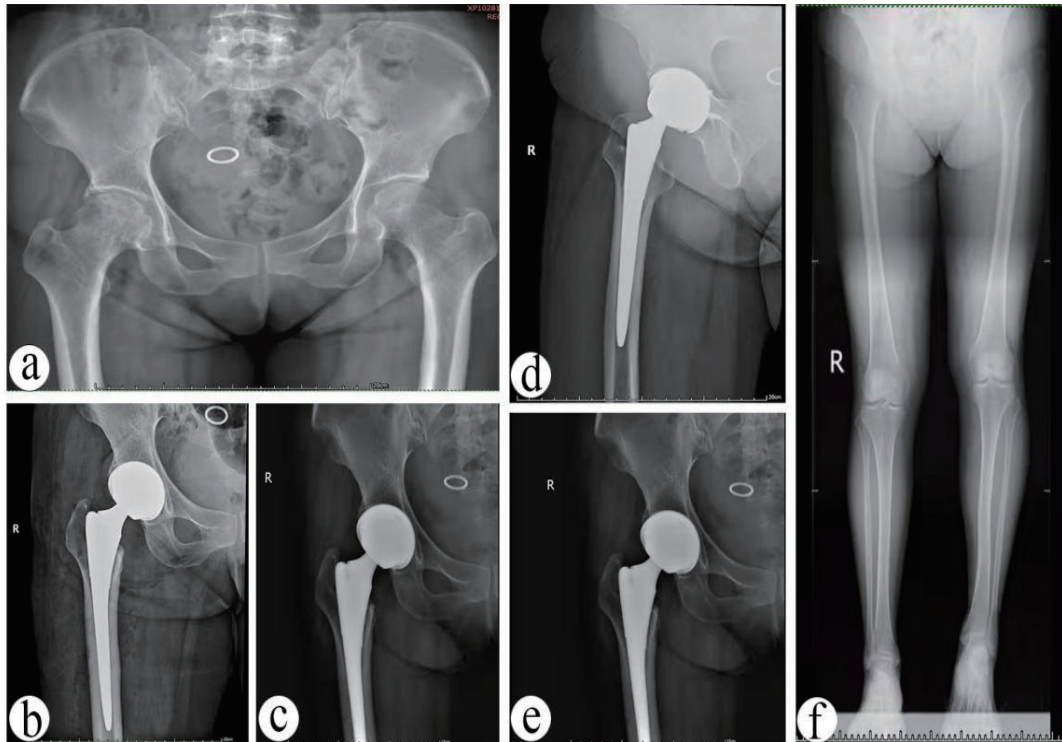


图 2 对照组

注：女 54 岁 右侧股骨头坏死急性加重 a. 术前骨盆正位 X 片；b. 术后 1d 右髋正位 X 片；c. 术后 12 周右髋正位 X 片；d. 术后 26 周右髋正位 X 片；e. 术后 52 周右髋正位 X 片；f. 术前下肢全长 X 片

承的长期临床效果如何还有待于进一步的临床试验和研究，以正确理解这种轴承系统<sup>[14-16]</sup>。

国外研究表明随着人口老龄化的发展、肥胖率的增高，到2030年时初次THA和翻修THA的需求将会进一步增多，而随之带来的经济负担问题也会进一步凸显<sup>[17-18]</sup>。因此如何延长假体使用寿命、降低手术翻修率、降低假体成本就成为了各个领域的学者研究的焦点，由于国产髋关节假体起步较国外较晚，所以国产髋关节假体无论是在假体设计还是制作工艺上都有较大的进步空间。从假体设计方面来说，髋关节作为人体的主要负重关节之一，其解剖结构相当复杂，且国人的下肢骨骼特征与欧美白色人种存在较大差别，经过

多个研究的对比证明国人的骨盆入射角（PI角）相对较小，所以在下肢高屈曲动作时，骨盆在矢状位的代偿能力较小，更容易导致髋关节假体的脱位，所以大头颈比的髋关节假体可能更为适合国人<sup>[19-21,23]</sup>。另外因为生活习性的原因，国人对关节的活动范围要求更高，因此对人工髋关节置换术后活动能力的要求也高于欧美人种<sup>[22-24]</sup>，使用大直径股骨头可以提高假体的稳定性，增加髋关节的活动范围，而由于COM轴承的假体可以允许金属衬套很薄，所以可以允许更大的球头<sup>[15]</sup>。目前针对国人体质设计的髋关节假体研究大多停留在实验室阶段，缺乏临床数据。本次研究旨在对比国产与进口髋关节假体的临床疗效。



图3 国产陶瓷髋关节假体配件

自THA问世以来，其术后所面临的假体磨损、松动、脱位等问题决定着陶瓷假体的使用寿命，目前已有国外研究指出陶瓷假体的使用寿命与患者的性别、股骨头的直径、股骨头的长短都有关系<sup>[19,25]</sup>。在本次研究中试验组及对照组均有不良事件的发生，全髋关节置换术术后的不良反应主要包括脱位、异响、破裂，在本次研究中对照组有1例（8.3%）受试者发生了1次与假体有关的严重不良事件。高脆性是

陶瓷材料的主要缺陷之一，尽管第四代陶瓷较第三代陶瓷的断裂风险已大大降低，但是仍有选择陶瓷内衬的患者因内衬破碎而导致翻修，而在本次试验中，对照组与试验组均没有因为磨损或破裂而导致的翻修手术，说明两组材料都具有较高的安全性。本文对比了国内和国外的两个公司所生产出的陶瓷-金属（COM）髋关节假体的短期疗效，其结果显示使用国产的陶瓷髋关节假体与使用进口陶瓷髋关节假体

的围手术期相关指标无差异,且两组患者皆由同一医师操刀,手术入路同样采用前侧入路,两组患者的年龄、性别并无统计学意义,说明THA中国产和进口的髋关节假体对于围手术期指在标无明显影响。对比两组术后的Harris评分,无论是对照组还是试验组都在52周内取得了100%的优良率,且两组手术术后各个时期的Harris评分优良率结果并无统计学意义,说明采用这两组材料进行手术均能有效改善患者髋关节功能,且两组材料在患者关节功能上的效果并无显著差异。肯定了全髋关节置换术的短期临床疗效,并证明国产的全髋关节假体其临床疗效不劣于进口。

本文的局限性主要在于:(1)样本量太少且随访时间短,所以在进行术后影像学评估和两组假体的翻修率对比时,因随访时间太短,所以无法得出具有临床意义的结论。

(2)因为试验性质的原因无法评估两组患者在院期间的手术费用,所以也无法比较国产陶瓷髋关节与进口陶瓷髋关节的经济效益。通过本次研究可得到这样的结论:第四代陶瓷髋关节假体对于髋关节中晚期疾病的临床疗效肯定,国产陶瓷髋关节的临床疗效还需要更长时间的随访与观察。

#### 参考文献

- [1] 魏宝刚,齐岩松,徐永胜,等.人工髋关节置换中假体材料的选择及应用进展[J].生物骨科材料与临床研究,2020,17(04):54-58.
- [2] Gu Z, Huang B, Li Y, et al. Strontium-doped calcium polyphosphate/ultrahigh molecular weight polyethylene composites: A new class of artificial joint components with enhanced biological efficacy to aseptic loosening[J]. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl, 2016, 61: 526-533.
- [3] Kwon YM, Della Valle CJ, Lombardi AV, et al. Risk Stratification Algorithm for Management of Head-Neck Taper Tribocorrosion in Patients with Metal-on-Polyethylene Total Hip Arthroplasty: Consensus Statement of the American Association of Hip and Knee Surgeons, the American Academy of Orthopaedic Surgeons, and The Hip Society[J]. J Bone Joint Surg Am,2021,103(5):e18.
- [4] López-López JA,Humphriss RL,Beswick AD, et al. Choice of implant combinations in total hip replacement: Systematic review and network meta-analysis[J].BMJ,2017,359:j4651.
- [5] 周宗科,翁习生,曲铁兵,等.中国髋、膝关节置换术加速康复--围术期管理策略专家共识[J].中华骨与关节外科杂志,2016,9(01):1-9.
- [6] Charnley J. The classic: The bonding of prostheses to bone by cement. 1964[J]. Clin Orthop Relat Res,2010,468(12):3149-59.
- [7] Cubillos PO, Dos Santos VO, Pizzolatti ALA, et al. Evaluation of Surface Finish and Dimensional Control of Tribological Metal-Ultra High Molecular Weight Polyethylene Pair of Commercially Available Hip Implants[J]. J Arthroplasty,2018,33(3):939-944.
- [8] Kovoichich M,Finley BL,Novick R,et al.Understanding outcomes and toxicological aspects of second generation metal-on-metal hip implants: a state-of-the-art review[J].Crit Rev Toxicol,2018,10:853-901.
- [9] Hannouche D, Zaoui A, Zadegan F, et al. Thirty years of experience with alumina-on-alumina bearings in total hip arthroplasty[J]. Int Orthop,2011,35(2):207-13.
- [10] 沈锋,唐昊,黄建明,等.陶瓷-陶瓷全髋关节置换术中大小直径股骨头的早期比较[J].中国矫形外科杂志,2011,19(6):463-467.
- [11] Hallan G, Fenstad AM, Furnes O. What Is the Frequency of Fracture of Ceramic Components in THA? Results from the Norwegian Arthroplasty Register from 1997 to 2017[J]. Clin Orthop Relat Res,2020,478(6):1254-1261.
- [12] 徐勤. 陶瓷-陶瓷假体摩擦界面的人工全髋关节中期临床疗效随访研究[D].南方医科大学,2013.
- [13] Solarino G, Zagra L, Piazzolla A, et al. Results of 200 Consecutive Ceramic-on-Ceramic Cementless Hip Arthroplasties in Patients Up To

- 50 Years of Age: A 5–24 Years of Follow–Up Study[J]. *J Arthroplasty*,2019,34(7S):S232–S237.
- [14] Higgins JE, Conn KS, Britton JM, et al. Early Results of Our International, Multicenter, Multisurgeon, Double–Blinded, Prospective, Randomized, Controlled Trial Comparing Metal–on–Metal With Ceramic–on–Metal in Total Hip Arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*,2020,35(1):193–197.e2.
- [15] Mehta N, Patel D, Leong J, et al. Functional outcomes & metal ion levels following ceramic on metal total hip arthroplasty: 9 Year follow–up[J]. *J Orthop*,2021,24:131–134.
- [16] Logroscino G, Saracco M, Maccauro G, et al. Ceramic–on–metal coupling in THA: long term clinical and radiographic outcomes using two different short stems[J]. *BMC Musculoskelet Disord*,2022,22(Suppl 2):1065.
- [17] Patel A, Pavlou G, Mújica–Mota RE, et al. The epidemiology of revision total knee and hip arthroplasty in England and Wales: a comparative analysis with projections for the United States. A study using the National Joint Registry dataset[J]. *Bone Joint J*,2015,97–B(8):1076–81.
- [18] Liu J, Wilson L, Poeran J, et al. Trends in total knee and hip arthroplasty recipients: a retrospective cohort study[J]. *Reg Anesth Pain Med*,2019,44(9):854–859.
- [19] 李危石,孙卓然,陈仲强.正常脊柱–骨盆矢状位参数的影像学研究[J].*中华骨科杂志*,2013(05):447–453.
- [20] Labelle H. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004,29(18):2049–2054.
- [21] Lee CS. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean population[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*,2011,36(25):E1648–E1654.
- [22] Mulholland SJ, Wyss UP. Activities of daily living in non–Western cultures: range of motion requirements for hip and knee joint implants[J].*Int J Rehabil Res*, 2001,24(3), 191–198.
- [23] 周海. 国人髋关节解剖与行为学特性研究及在人工关节设计中的应用[D].上海交通大学,2014.
- [24] 王成焘,靳忠民,廖广姗,等.人工髋关节磨损分析和临床失效诊断推理[J].*医用生物力学*,2012,27(04):361–368.
- [25] Kovoichich M, Finley BL, Novick R, et al. Understanding outcomes and toxicological aspects of second generation metal–on–metal hip implants: a state–of–the–art review[J].*Crit Rev Toxicol*,2018,10:853–901.