

# AI-HIP 系统在全髋关节置换中的假体型号及联合偏心距和截骨的作用研究

孙国源<sup>1</sup>, 蒋言坤<sup>2</sup>, 李彤<sup>3</sup>, 丛雪峰<sup>4</sup>, 黄诚<sup>3</sup>, 丁冉<sup>3</sup>, 王卫国<sup>3</sup>, 张启栋<sup>3</sup>

(1. 中国医学科学院北京协和医学院研究生院, 北京 100730; 2. 北京大学中日友好临床医学院, 北京 100029; 3. 中日友好医院骨科, 北京 100029; 4. 德州市第七人民医院骨科, 山东 德州 253000)

**【摘要】** 目的: 探讨 AI-HIP 辅助手术规划系统在初次单侧全髋关节置换术(total hip arthroplasty, THA)中的规划效果及其临床结果。方法: 回顾性分析 2022 年 3 月至 2022 年 11 月连续性应用 AI-HIP 系统进行初次单侧 THA 的 36 例患者的临床资料, 男 16 例, 女 20 例, 年龄 43~81(62.2±10.9)岁, 将其纳入 AI-HIP 组; 根据配对原则选择同期采用传统模板方法规划的患者 36 例, 男 16 例, 女 20 例, 年龄 40~80(60.9±12.1)岁, 作为对照组。比较两组假体的准确率, 以及术前规划和术后实际联合偏心距差值、下肢长度差值、距小转子上缘截骨高度和顶肩距以评价规划效果, 采用 Harris 评分和疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)评价其临床疗效。结果: 两组均获得随访, 时间 12~18(14.5±2.1)个月。AI-HIP 组规划髋臼杯和股骨柄假体型号的完全准确率、近似准确率分别为 72.2%、100%和 58.3%、88.9%, 均优于对照组的 44.4%、83.3%和 33.3%、66.7%( $P<0.05$ ); 规划股骨头假体型号差异无统计学意义( $P>0.05$ )。AI-HIP 组术后实际联合偏心距差值、联合偏心距差值(实际-规划)分别为 1.0(0.2, 2.4) mm、1.1(-2.1, 3.2) mm, 优于对照组的 3.0(1.4, 4.9) mm、3.5(-1.6, 6.5) mm( $P<0.05$ )。两组间术后实际距小转子上缘截骨高度比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。AI-HIP 组术后实际下肢长度差值、下肢长度差值(实际-规划)、距小转子上缘截骨高度(实际-规划)、术后实际顶肩距、顶肩距差值(实际-规划)分别为 1.5(0.2, 2.8)、1.1(-0.3, 2.2)、2.1(-2.3, 4.1)、(15.3±4.1)、-2.2(-4.8, 0.3) mm, 优于对照组的 2.6(1.3, 4.1)、2.5(0.3, 3.8)、5.8(-2.4, 7.7)、(13.0±4.3)、-5.7(-9.4, -2.2) mm( $P<0.05$ )。末次随访, 两组 Harris 评分中功能、疼痛、功能、畸形、总分及 VAS 比较, 差异均无统计学意义( $P>0.05$ ); 而 AI-HIP 组 Harris 评分中活动度评分(4.8±0.6)分, 高于对照组(4.4±0.8)分( $P<0.05$ )。结论: AI-HIP 辅助手术规划系统较传统模板规划, 在初次单侧 THA 中对髋臼杯和股骨柄假体型号的预测、恢复联合偏心距、规划下肢长度、截骨高度和顶肩距方面具有良好的准确性, 临床效果满意。

**【关键词】** 全髋关节置换术; 术前规划; 人工智能

中图分类号: R687.4

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20240276

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## AI-HIP system for prosthesis size, global femoral offset and osteotomy in total hip arthroplasty

SUN Guo-yuan<sup>1</sup>, JIANG Yan-kun<sup>2</sup>, LI Tong<sup>3</sup>, CONG Xue-feng<sup>4</sup>, HUANG Cheng<sup>3</sup>, DING Ran<sup>3</sup>, WANG Wei-guo<sup>3</sup>, ZHANG Qi-dong<sup>3</sup>(1. Graduate School of Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China; 2. Peking University China-Japan Friendship School of Clinical Medicine, Beijing 100029, China; 3. Department of Orthopaedic Surgery, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China; 4. Department of Orthopaedic Surgery, Dezhou Seventh People's Hospital, Dezhou 253000, Shandong, China)

**ABSTRACT Objective** To explore planning effect of AI-HIP assisted surgical planning system in primary unilateral total hip arthroplasty (THA) and its influence on clinical outcomes. **Methods** A retrospective analysis was conducted on clinical data of 36 patients who underwent their first unilateral THA from March 2022 to November 2022 and continuously used AI-HIP system (AI-HIP group), including 16 males and 20 females, aged from 43 to 81 years old with an average of (62.2±10.9) years old. According to the matching principle, 36 patients who were planned by the traditional template method at the same period were selected as the control group, including 16 males and 20 females, aged from 40 to 80 years old with an average of (60.9±12.1) years old. The accuracy between two groups of prostheses were compared, as well as the combined eccentricity difference between preoperative planning and postoperative practice, lower limb length difference, osteotomy height from the

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 82072494, 81972130); 中央高水平医院临床科研业务费(编号: 2022-NHLHCRF-YGJE-05); 中日友好医院“菁英计划”人才培养工程(编号: ZRJY2021-GG08); 首都卫生发展科研专项(编号: 2020-2-4067)

Fund program: National Natural Science Foundation of China (No. 82072494, 81972130)

通讯作者: 张启栋 E-mail: zhangqidong1982@sina.com

Corresponding author: ZHANG Qi-dong E-mail: zhangqidong1982@sina.com

upper edge of the lesser trochanter and top shoulder distance to evaluate planning effect. Harris score and visual analogue scale (VAS) were used to evaluate clinical efficacy. **Results** Both groups were followed up for 12 to 18 months with an average of (14.5±2.1) months. The complete accuracy and approximate accuracy of acetabular cup and femoral stalk prosthesis in AI-HIP group were 72.2%, 100%, 58.3%, 88.9%, respectively, which were better than 44.4%, 83.3%, 33.3%, 66.7% in control group ( $P<0.05$ ). There was no statistical significance in planning of femoral head prosthesis size ( $P>0.05$ ). The actual combined eccentricity difference and combined eccentricity difference (practical-planning) in AI-HIP group were 1.0(0.2, 2.4) mm and 1.1(-2.1, 3.2) mm, respectively; which were better than 3.0(1.4, 4.9) mm and 3.5(-1.6, 6.5) mm in control group ( $P<0.05$ ). There was no significant difference between two groups in actual osteotomy height of the upper margin of the lesser trochanter ( $P>0.05$ ). In AI-HIP group, the actual difference of lower extremity length after surgery, the difference of lower extremity length (practical-planning), osteotomy height from the upper margin of lesser trochanter (practical-planning), actual topshoulder distance after surgery, and topshoulder distance (practical-planning) were 1.5(0.2, 2.8), 1.1(-0.3, 2.2), 2.1(-2.3, 4.1), (15.3±4.1), 2.2(-4.8, 0.3) mm, respectively; which were better than control group of 2.6(1.3, 4.1), 2.5(0.3, 3.8), 5.8(-2.4, 7.7), (13.0±4.3), -5.7(-9.4, -2.2) mm( $P<0.05$ ). At final follow-up, there were no significant differences in Harris scores of pain, function, deformity, total scores and VAS between two groups ( $P>0.05$ ). The range of motion score was 4.8±0.6 in AI-HIP group, which was higher than that in control group (4.4±0.8) ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Compared with traditional template planning, AI-HIP assisted surgical planning system has good accuracy in predicting the prosthetic size of the acetabular cup and femoral stalk, restoring joint eccentricity, planning lower limb length, osteotomy height and top shoulder distance on the first unilateral THA, and the clinical follow-up effect is satisfactory.

**KEYWORDS** Total hip arthroplasty; Preoperative planning; Artificial intelligence

全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 是临床治疗中重度髋关节病变的手术之一, 据报道, THA 术后 20 年的优良率高达 96.9%, 其中假体型号选择、假体位置和偏心距重建是手术成功的关键<sup>[1]</sup>。假体选择不当、位置不适等问题会导致围手术期假体周围骨折、术后假体松动、脱位甚至翻修等, 影响患者的术后恢复效果<sup>[2]</sup>。良好的术前规划是假体选择准确、手术截骨恰当、位置安装满意的前提, 可以实现为术者提供参考、减少手术误差、降低并发症, 促进术后功能恢复等目的<sup>[3]</sup>。随着计算机技术和人工智能 (artificial intelligence, AI) 的发展, 基于图像进行三维重建和手术模拟的 AI 辅助手术规划系统在骨科手术领域取得了显著进展<sup>[4]</sup>。本研究为回顾性研究, 比较 AI-HIP 辅助手术规划系统与传统模板规划在 THA 了术前规划中的准确性和临床应用的效果, 现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准: (1) 单侧髋关节疼痛伴活动障碍。(2) 初次行 THA。(3) 进行术前 X 线/CT 和术后影像学扫描。(4) 术中参考规划假体进行手术。(5) 术后随访时间 ≥1 年。排除标准: (1) 髋关节接受过内固定或其他类型植入物手术。(2) 因免疫性疾病或肿瘤等全身性原因导致的髋病变。(3) 部分严重髋关节畸形, 重建困难的疾病, 如髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 分型<sup>[5]</sup>为 Crowe III、IV 型。(4) 术中临时更换假体类型。

### 1.2 临床资料

2022 年 3 月至 2022 年 11 月连续性应用 AI-

HIP 规划并进行单侧生物型假体初次 THA 的患者 36 例 (AI-HIP 组), 男 16 例, 女 20 例; 年龄 43~81 (62.2±10.9) 岁; 左侧 19 例, 右侧 17 例; 股骨颈骨折 5 例, 股骨头坏死 20 例; DDH 11 例 (其中 Crowe I 型 5 例、Crowe II 型 6 例)。按照 1:1 配对原则进行配对, 选择同期经传统模板测量技术规划进行 THA 的患者作为对照组, 配对条件为年龄相近 (±3 岁), 性别和侧别相同, 诊断及病变程度相似。对照组年龄 40~80 (60.9±12.1) 岁, 余与 AI-HIP 组一致。研究对象筛选流程图如图 1 所示。两组年龄比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 具有可比性; 在性别、侧别、疾病诊断方面病例数一致, 见表 1。本研究已通过医院伦理委员会批准 (批号: 2022-KY-081)。

### 1.3 治疗方法

**1.3.1 AI-HIP 组** 术前根据髋关节 CT 扫描结果进行 AI-HIP 规划。CT 扫描从骨盆上段至股骨中段进行扫描, 层厚 1.00 mm, 将髋部 CT 数据的 DICOM 格式转换为 “.cmg” 格式并导入 THA 手术规划软件 AI-HIP (北京长木谷医疗科技有限公司), 通过 AI 技术对影像进行识别分割, 生成对应骨盆和股骨的三维模型。智能骨盆矫正, 自动设置髋臼杯初始位置为前倾角 20°、外展角 40°, 计算得到髋臼覆盖率。根据不同患者的解剖特点自动匹配合适的假体型号和置入位置, 术者也可对假体型号和位置进行调整, 最终得到髋臼杯、股骨头和股骨柄的模拟模型 (图 2)。根据模拟模型计算出预测的手术前后联合偏心距差值、下肢长度差值、距小转子上缘截骨高度和顶肩距, 并生成相应的示意图和术后 X 线模拟视图。

手术参考规划数据进行, 其中假体型号除参考

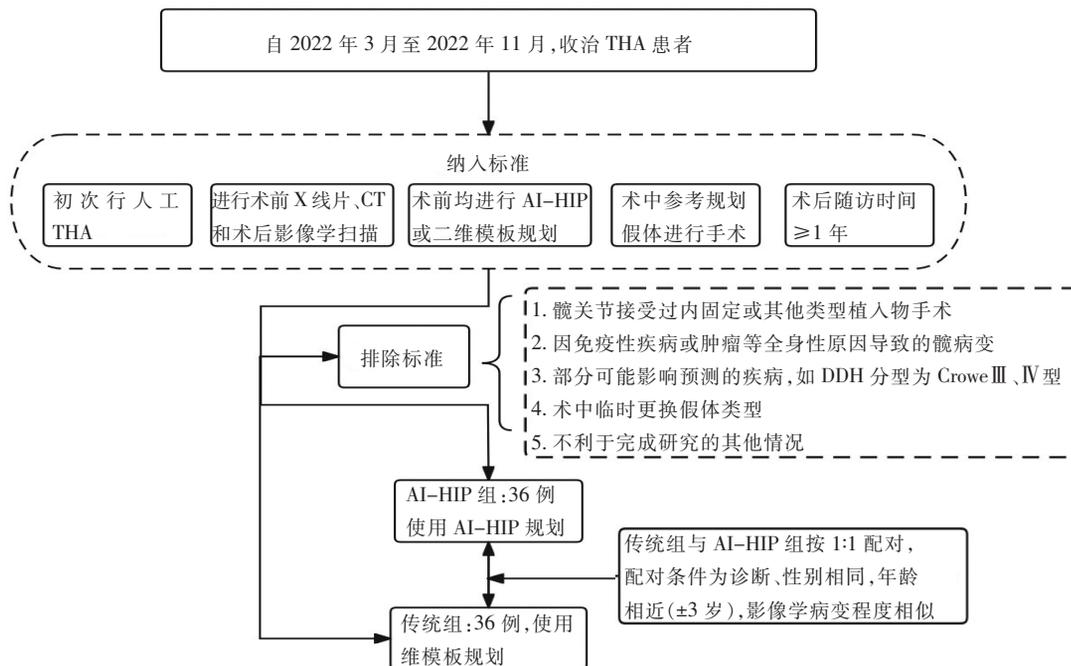


图 1 研究对象筛选流程图

Fig.1 Research object screening flow chart

表 1 两组初次全髋置换手术患者术前基线资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative baseline data between two groups of patients with initial total hip replacement

组别	例数	年龄( $\bar{x} \pm s$ )/岁	性别/例		侧别/例		疾病类型/例		髋关节发育不良 Crowe 分型/例	
			男	女	左侧	右侧	股骨颈骨折	股骨头坏死	I 型	II 型
AI-HIP 组	36	62.2±10.9	16	20	19	17	5	20	5	6
对照组	36	60.9±12.1	16	20	19	17	5	20	5	6
检验值		$t=0.480$	$\chi^2=0$		$\chi^2=0$		$\chi^2=0$		$\chi^2=0$	
P 值		>0.05	>0.05		>0.05		>0.05		>0.05	

术前规划外, 还依据术者术中对照假体的稳定性判断来确定最终型号。手术入路采用后外侧入路, 切断外旋肌群, 暴露并切开关节囊、内旋髋关节脱位, 参考规划的截骨高度截断股骨颈, 取出股骨头。清理增生滑膜及残余圆韧带, 切除残留髋臼孟唇, 以髋臼锉依次由最小号开始打磨髋臼窝, 至臼内壁骨质显露, 骨面均匀渗血时为良好, 将髋臼杯假体打入嵌合牢固。安放陶瓷/聚乙烯内衬, 以股骨柄髓腔锉逐级扩髓至股骨柄试模安装后“扭转试验”为完全牢固, 将股骨柄假体打入髓腔到位, 以合适颈长股骨头试模安放于股骨柄, 复位髋关节后测试各方向活动灵活、稳定, 下肢长度及张力合适。再安放股骨头真假体。冲洗切口, 将后方关节囊及外旋肌修复于大粗隆, 逐层缝合关闭切口, 无菌辅料覆盖。

**1.3.2 对照组** 术前先行 1:1 标准双髋关节正侧位 X 线检查, 使用透明的髋关节置换测量模板进行规划。透明模板覆盖于 X 线片上, 首先对髋臼侧进行

测量, 将髋臼模板覆盖髋臼, 以泪滴下缘与髋臼杯下缘平齐, 内缘紧贴白底, 外展 40°~45°, 选择合适型号保证白杯能够获得足够深度及最佳骨性覆盖; 然后, 选择合适的股骨柄使其充分填充髓腔; 最后, 根据双下肢长度差适当调整股骨柄大小、股骨颈截骨平面和偏心距, 确认股骨假体型号及安装位置。手术操作同 AI-HIP 组。

**1.3.3 术后处理** 术后常规给予预防感染、止痛、止血、抗凝和对症处理, 指导患者行患肢功能锻炼。

**1.4 观察项目与方法**

**1.4.1 临床疗效评价** 末次随访时, 采用髋关节 Harris 评分<sup>[6]</sup>从功能、活动度、疼痛、畸形等方面进行评价, 满分 100 分; 总分 85~100 为优, 70~84 为良, 60~69 为可, <60 为差。采用疼痛视觉模拟评分<sup>[7]</sup> (visual analog scale, VAS) 对髋关节疼痛进行评价。

**1.4.2 影像学评价** 如图 3 所示。拍摄标准髋关节正侧位 X 线片评估假体位置及稳定性。若透亮线宽

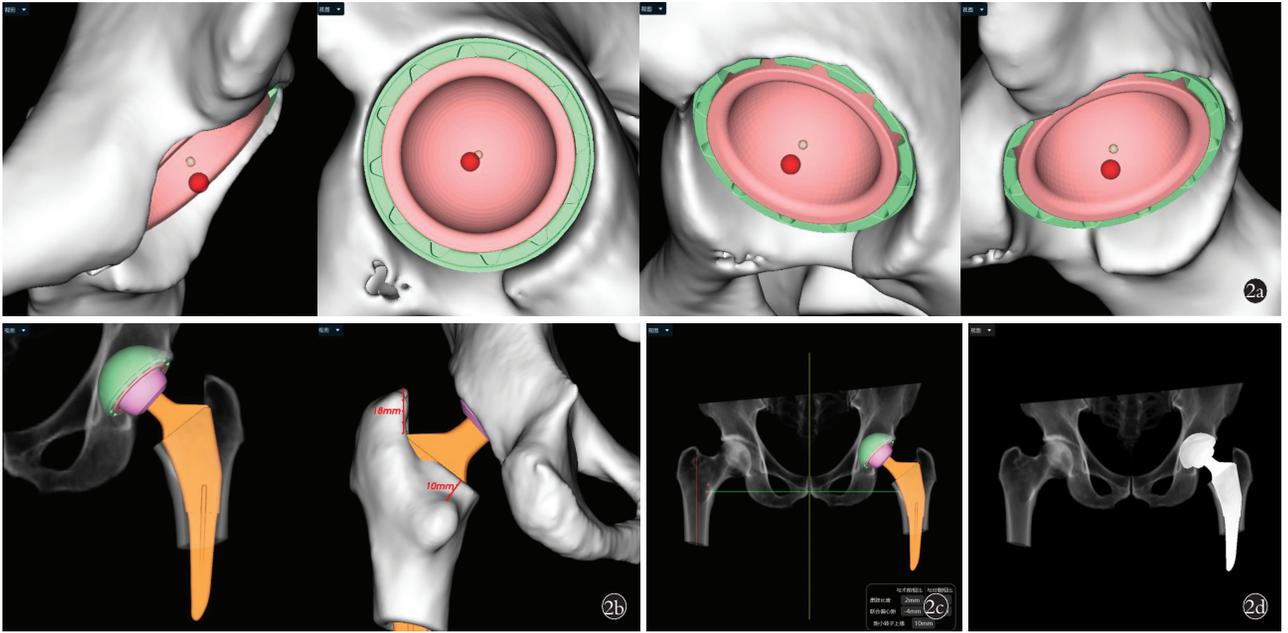


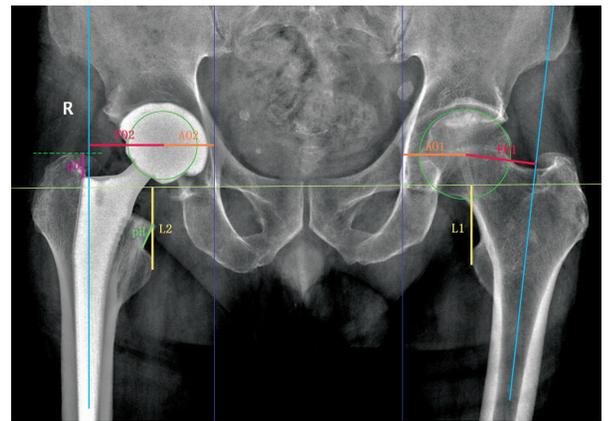
图 2 AI-HIP 规划假体型号、植入位置和模拟术后视图 2a. 髋臼规划的三维视图 2b. 股骨柄和股骨头规划的三维视图 2c. 假体规划的植入位置及相应数据 2d. X 线模拟术后视图

Fig.2 AI-HIP planned prosthesis size, implantation positions, and simulated postoperative views 2a. Three-dimensional view of acetabular planning 2b. Three-dimensional view of femoral stem and femoral head planning 2c. Implantation positions planned for prosthesis and corresponding data 2d. X-ray simulated postoperative view

度 > 2 mm 或呈进行性增加，以及假体位置改变或有下沉，则提示假体松动。分别记录两组规划的髋臼杯型号、股骨头型号和股骨柄型号，以及测量结果。术中实际置入的假体型号通过手术记录获取。将实际置入的假体型号和规划的假体型号对比，若规划与术中置入假体型号完全一致，则认为该规划完全准确，若相差一个型号则认为近似准确。术后常规拍摄标准双髋关节正侧位 X 线片测量联合偏心距差值（股骨头中心到泪滴内侧缘垂线的距离与股骨头中心到股骨长轴的垂直距离之和，与健侧相比的差值）、下肢长度差值（两侧股骨小转子顶端至两侧髋臼泪滴最低点连线的距离差值）、距小转子上缘截骨高度（截骨平面距小转子上缘的高度）和顶肩距（大转子顶部至股骨柄假体肩部的垂直距离）。所有影像学指标由 2 名骨科医生分别测量，取其平均值作为最终测量值。

### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 25.0 软件进行统计学分析。规划和术后实际的距小转子上缘截骨高度和顶肩距等符合正态分布的定量资料采用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较采用成组设计定量资料 *t* 检验；联合偏心距差值、下肢长度差值等不符合正态分布的定量资料采用中位数 *M* (*P*<sub>25</sub>, *P*<sub>75</sub>) 表示，组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验；定性资料比较采用  $\chi^2$  检验或连续性校正。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。



注：联合偏心距差值 = (AO2+FO2) - (AO1+FO1)；下肢长度差值 = L2 - L1；截骨高度为 pH；顶肩距为 pD。AO 为股骨头中心到泪滴内侧缘垂线的距离，FO 为股骨头中心到股骨长轴的垂直距离，AO+FO 为联合偏心距；L 为小转子顶点到两侧泪滴下缘连线的垂直距离；pH 为术后截骨平面距小转子上缘的高度；pD 为术后大转子顶部至股骨柄假体肩部的垂直距离

图 3 影像学指标测量图

Fig.3 Imaging index measurement diagram

## 2 结果

### 2.1 术后一般情况

所有患者手术顺利，未出现术中骨折、假体安装失败等问题。两组患者均获得随访，时间 12~18 (14.5 ± 2.1) 个月。截止末次随访，所有患者无翻修、脱位、假体周围感染、假体无菌性松动等并发症。

## 2.2 假体规划准确率

AI-HIP 组规划髌臼杯假体型号的完全准确率、近似准确率分别为 72.2% (26/36)、100% (36/36), 对照组分别为 44.4% (16/36)、83.3% (30/36); AI-HIP 组规划股骨头假体型号的完全准确率、近似准确率分别为 83.3% (30/36)、100% (36/36), 对照组分别为 77.8% (28/36)、100% (36/36); AI-HIP 组规划股骨柄假体型号的完全准确率、近似准确率为 58.3% (21/36)、88.9% (32/36), 对照组分别为 33.3% (12/36)、66.7% (24/36)。AI-HIP 组规划髌臼杯和股骨柄假体型号较对照组高 ( $P < 0.05$ ), 规划股骨头假体准确率比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

## 2.3 联合偏心距差值和下肢长度比较

AI-HIP 组术后实际联合偏心距差值和联合偏心距差值(实际-规划)小于对照组 ( $P < 0.05$ )。AI-HIP 组术后实际下肢长度差值及下肢长度差值(实际-规划)小于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

## 2.4 距小转子上缘截骨高度及顶肩距规划比较

两组规划和术后实际距小转子上缘截骨高度及规划顶肩距比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); AI-HIP 组距小转子上缘截骨高度差值(实际-规划)、顶肩距差值小于对照组 ( $P < 0.05$ )。AI-HIP 组术后实际顶肩距大于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

## 2.5 临床疗效评价

AI-HIP 组术前和末次随访时 VAS 分别为 (6.0±1.1)、(0.1±0.4) 分, 对照组分别为 (6.0±1.1)、(0.2±0.4) 分, 两组术前、末次随访比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。两组术前及末次随访时 Harris 评分功能、疼痛、畸形、总分比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。末次随访时, AI-HIP 组 Harris 评分中活动度评分优于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 5。

## 3 讨论

术前规划作为 THA 成功的关键, 能为术者提供参考和指导, 从而降低风险和促进术后恢复。相比二

表 2 AI-HIP 和传统模板规划假体型号准确率比较  
Tab.2 Comparison of accuracy of AI-HIP and traditional template planning dummy size

组别	例数	髌臼杯		股骨头		股骨柄	
		完全准确	近似准确	完全准确	近似准确	完全准确	近似准确
AI-HIP 组	36	26	36	30	36	21	32
对照组	36	16	30	28	36	12	24
$\chi^2$ 值		5.714	4.545	0.355	0.000	4.531	5.143
P 值		0.017	0.033	0.551	1.000	0.033	0.023

单位: 例

表 3 AI-HIP 组和对照组规划联合偏心距差值和下肢长度差值比较

Tab.3 Comparison of planning global femoral offset discrepancy and lower leg length discrepancy between AI-HIP and control groups

组别	例数	联合偏心距差值 [ $M(P25, P75)$ ]/mm				下肢长度差值 [ $M(P25, P75)$ ]/mm			
		术前测量	规划	术后实际	差值(实际-规划)	术前测量	规划	术后实际	差值(实际-规划)
AI-HIP 组	36	0.2(-4.7, 0.5)	-0.5(-2.1, 2.6)	1.0(0.2, 2.4)	1.1(-2.1, 3.2)	-2.0(-7.2, 2.0)	0.2(-0.3, 1.7)	1.5(0.2, 2.8)	1.1(-0.3, 2.2)
对照组	36	-0.8(-5.2, 1.5)	-1.0(-3.8, 3.9)	3.0(1.4, 4.9)	3.5(-1.6, 6.5)	-2.2(-6.5, 1.5)	0.4(-1.2, 1.8)	2.6(1.3, 4.1)	2.5(0.3, 3.8)
Z 值		-0.193	-0.656	-2.995	-2.165	-0.102	-1.032	-2.043	-2.536
P 值		0.847	0.512	0.003	0.030	0.919	0.302	0.041	0.011

表 4 AI-HIP 组和对照组规划距小转子上缘截骨高度和顶肩距比较

Tab.4 Comparison of planned osteotomy height from the upper margin of lesser trochanter and top shoulder distance between AI-HIP group and control group

组别	例数	距小转子上缘截骨高度/mm			顶肩距/mm		
		规划( $\bar{x} \pm s$ )	术后实际( $\bar{x} \pm s$ )	差值(实际-规划) [ $M(P25, P75)$ ]	规划( $\bar{x} \pm s$ )	术后实际( $\bar{x} \pm s$ )	差值(实际-规划) [ $M(P25, P75)$ ]
AI-HIP 组	36	10.1±4.6	12.1±3.5	2.1(-2.3, 4.1)	17.3±4.1	15.3±4.1	-2.2(-4.8, 0.3)
对照组	36	10.0±4.7	13.2±3.7	5.8(-2.4, 7.7)	17.9±4.4	13.0±4.3	-5.7(-9.4, -2.2)
检验值		$t=0.051$	$t=-1.329$	$Z=-2.823$	$t=-0.582$	$t=2.340$	$Z=-2.892$
P 值		0.960	0.188	0.005	0.563	0.022	0.004

表 5 AI-HIP 组和对照组术前及末次随访 Harris 评分比较

Tab.5 Comparison of preoperative and postoperative Harris score between AI-HIP and control groups

组别	例数	功能(x±s)/分		活动度(x±s)/分		疼痛(x±s)/分		畸形(x±s)/分		总分(x±s)/分	
		术前	末次随访	术前	末次随访	术前	末次随访	术前	末次随访	术前	末次随访
AI-HIP 组	36	11.7±4.2	40.3±6.5	2.1±1.1	4.8±0.6	25.3±6.5	43.1±1.7	2.6±0.8	3.9±0.2	41.7±8.7	92.1±5.8
对照组	36	10.9±5.6	39.5±6.7	2.2±1.0	4.4±0.8	24.7±7.7	42.6±1.9	2.5±0.7	3.9±0.4	40.3±11.8	90.5±6.2
t 值		0.691	0.468	-0.445	2.326	0.329	1.046	0.784	1.189	0.568	1.115
P 值		0.492	0.642	0.657	0.023	0.743	0.299	0.436	0.239	0.572	0.269

维传统规划模式,基于三维骨骼形态重建的 AI-HIP 辅助手术规划表现了其优势:(1) 更高的规划准确性。既往传统的 X 线和二维模板测量,都是基于 X 线平片的二维方法,存在放大率不准确和摄片体位角度不统一等问题,不能展示更细节的三维信息,这使得术前规划不能很好地利用数据且存有一定误差。而三维规划则是基于 CT 的三维方法,避免了二维方法的诸多问题,也能获得详尽的三维信息,从而进行精确重建,避免安放假体大小不匹配、位置不良等问题,提高术前规划的准确性<sup>[8]</sup>。(2) 更高的效率和实用性。AI-HIP 三维规划系统基于 AI 辅助的 CT 图像处理技术,能够更快速、更精确地进行图像分割和重建三维模型,提高术前规划的效率,为术者提供更直观、可操作性强的指导,有助于提高手术的成功率和术后康复效果<sup>[9-10]</sup>。

假体型号的规划是手术规划的重要部分,规划选择好适合个体化大小的假体能使假体植入位置更符合个体需求,并有助于降低手术过程中选择不确定的误差及选择错误带来的风险。本研究 AI-HIP 对髋臼杯和股骨柄假体规划的准确率均优于传统模板 ( $P<0.05$ )。闵美鹏等<sup>[10]</sup>研究显示 AI-HIP 组为 90%和 83%,对照组为 57%和 53%。丁冉等<sup>[11]</sup>研究显示 AI-HIP 组为 90.6%和 81.3%,对照组为 56.3%和 46.9%。张杭等<sup>[12]</sup>研究显示 AI-HIP 组为 57.1%和 42.9%,对照组为 31.4%和 34.3%。通过 AI 三维术前规划系统,可以更准确地预测适合个体化大小的假体,确保假体植入位置更贴近个体需求。三维规划能为假体型号选择提供直观、多角度的观察和判断方式,有助于准确预测假体型号,提高假体植入的准确性;还能帮助调整骨盆倾斜、骨骼旋转等问题,如 AI-HIP 就能通过智能骨盆矫正等技术帮助匹配合适的假体型号和植入位置,确保术后偏心距和下肢等长等指标重建更加精准,从而降低术后感染等并发症的风险<sup>[13-14]</sup>。

重建髋关节偏心距和下肢长度差异,是 THA 的重要评价要素。为了恢复正常的髋关节生物力学,下肢长度以及偏心距的恢复对功能重建有着重要的作

用<sup>[15]</sup>。AI-HIP 组术后实际联合偏心距差值多 $<4$  mm,而对照组的更为分散。谭兵等<sup>[16]</sup>研究表明,当股骨偏心距差值的绝对值 $\leq 4$  mm 时有利于改善髋外展肌力,减少术后下肢不等长发生率和促进术后髋关节功能重建。MAHMOOD 等<sup>[17]</sup>的研究也表明,术后股骨偏心距减少 $>5$  mm 时与髋关节的外展肌肌力呈负相关,外展肌相对更无力,并更依赖助行器。所以,需要将偏心距差值控制在一定范围内才能获得良好的手术效果。本研究 AI-HIP 组术后实际下肢长度差值更小,且分布更集中,此结果与张杭等<sup>[12]</sup>的研究结果一致。也可以看出,两组术后实际下肢长度差值多位于 5 mm 内。另一项 RENKAWITZ 等<sup>[18]</sup>研究表明,术后偏心距差值或下肢长度差值 $>5$  mm 时均会明显影响步态运动。由此可见,对于偏心距差值和下肢长度差值而言,两者都维持在 5 mm 的范围内能获得最好的手术效果。因此,更好地重建髋关节偏心距和下肢长度差异也是手术的主要目的之一。

基于上述规划,良好的股骨颈截骨平面是上述规划结果执行的关键。本研究两组术后实际距小转子上缘截骨高度比较,差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。KONG 等<sup>[19]</sup>研究显示,THA 术中使用摆锯和 Gigli 锯的平均截骨高度分别为 (1.26±0.22) cm 和 (1.20±0.14) cm,所以 AI-HIP 组的截骨高度更符合 THA 常规的截骨高度,表明 AI-HIP 规划对术者更有指导意义。另外,顶肩距也是反映 THA 截骨高度及假体安装位置的一个要素,本研究 AI-HIP 组的实际顶肩距较对照组更大,表明 AI-HIP 组股骨柄在股骨髓腔里的植入位置相对更深。

本研究所有患者随访 12~18 个月,末次随访时 Harris 评分中疼痛、功能、畸形评分和总分和 VAS 比较,差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。分析原因可能:(1) 由于末次随访时均至少术后 12 个月,患者髋关节功能恢复基本达到最佳水平。(2) 由于 THA 已经相对成熟,术后效果相对稳定,故两组临床疗效评分比较,差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。而末次随访 AI-HIP 组 Harris 评分中的活动度评分优于对照组 ( $P<0.05$ ),这提示一致的整体指标也可通过细化得到有

意义的结果。

最后,本研究也尚有一些不足:(1)本研究只是回顾性队列研究,前瞻性随机对照研究可能更准确的表现 AI-HIP 预测的准确性和有效性。(2)本研究为单中心研究且病例数较少,若开展多中心研究并纳入更多病例,结果将会更有代表性。(3)随访时间及随访评分指标不足,目前评估手段可能存在天花板效应,并不能准确鉴别实际差异,故需进行长时间随访并纳入更多指标。(4)未对影响规划的危险因素和各指标间存在的潜在联系进行探讨,也可能疏漏一些有实际意义的规划结果。

综上,AI-HIP 辅助手术规划系统较传统模板规划,在初次单侧 THA 中对髋臼杯和股骨柄假体型号的预测获得准确可靠的结果,其能更好地帮助 THA 恢复联合偏心距,指导股骨颈截骨,准确规划下肢长度和顶肩距。相信未来,随着大样本、长时间的随访,三维人工智能手术规划将为 THA 提供更精确的规划和手术指导。

#### 参考文献

- [1] SCULCO P K, COTTINO U, ABDEL M P, et al. Avoiding hip instability and limb length discrepancy after total hip arthroplasty [J]. *Orthop Clin North Am*, 2016, 47(2): 327-334.
- [2] VENDITTOLI P A, SHAHIN M, RIVIÈRE C, et al. Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty is superior to metal-on-conventional polyethylene at 20-year follow-up: a randomised clinical trial [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107(1): 102744.
- [3] 吴健, 江建平, 冯孝志, 等. 初次全髋关节置换术前数字虚拟手术的意义[J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31(19): 1742-1747.
- [4] WU J, JIANG J P, FENG X Z, et al. Significance of digital virtual planning before primary total hip replacement [J]. *Orthop J China*, 2023, 31(19): 1742-1747. Chinese.
- [5] BORJALI A, CHEN A F, BEDAIR H S, et al. Comparing the performance of a deep convolutional neural network with orthopedic surgeons on the identification of total hip prosthesis design from plain radiographs [J]. *Med Phys*, 2021, 48(5): 2327-2336.
- [6] Chen X, Li S, Liu X, et al. Acetabular Diameter Assessment and Three-Dimensional Simulation for Acetabular Reconstruction in Dysplastic Hips. *J Arthroplasty*. 2023 Aug; 38(8): 1551-1558.
- [7] 胡浩, 杨俊忠, 李亮, 等. 髋关节中心技术在 Crowe II 型和 III 型发育性髋关节发育不良并重度髋关节炎全髋关节置换术中的应用 [J]. *中国骨伤*, 2024, 37(2): 166-172.
- [8] HU H, YANG J Z, LI L, et al. Application of high hip center technique in total hip arthroplasty in patients with Crowe type II and III developmental dysplasia of hip and severe hip osteoarthritis [J]. *China J Orthop Traumatol*, 2024, 37(2): 166-172. Chinese.
- [9] HE Y P, LIN Y, HE X L, et al. The conservative management for improving visual analog scale (VAS) pain scoring in greater trochanteric pain syndrome: a Bayesian analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 423.
- [10] HIRANO Y, IMAI N, NOZAKI A, et al. The association of postoperative global femoral offset with total hip arthroplasty outcomes [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 1621.
- [11] WU D, ZHI X, LIU X Y, et al. Utility of a novel integrated deep convolutional neural network for the segmentation of hip joint from computed tomography images in the preoperative planning of total hip arthroplasty [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 164.
- [12] 闵美鹏, 吴进, URBA RAFI, 等. 全髋关节置换前人工智能(AI)规划的作用与意义 [J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28(9): 1372-1377.
- [13] MIN M P, WU J, RAFI U, et al. Role and significance of artificial intelligence preoperative planning in total hip arthroplasty [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2024, 28(9): 1372-1377. Chinese.
- [14] 丁冉, 王洪, 刘烨, 等. 人工智能三维术前规划在全髋关节置换术中的应用和准确性分析 [J]. *生物骨科材料与临床研究*, 2022, 19(2): 33-38.
- [15] DING R, WANG Q, LIU Y, et al. Application and accuracy analysis of artificial intelligence three-dimensional preoperative planning in total hip replacement [J]. *Orthop Biomech Mater Clin Study*, 2022, 19(2): 33-38. Chinese.
- [16] 张杭, 贺强, 刘青, 等. 人工智能与二维数字模板辅助规划全髋置换预测假体型号的对比分析 [J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27(29): 4620-4627.
- [17] ZHANG H, HE Q, LIU Q, et al. Comparative analysis of artificial intelligence and two-dimensional digital template preoperative planning-assisted total hip arthroplasty to predict prosthesis size [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2023, 27(29): 4620-4627. Chinese.
- [18] AUBERT T, GALANZINO G, GERARD P, et al. Accuracy of preoperative 3D vs 2D digital templating for cementless total hip arthroplasty using a direct anterior approach [J]. *Arthroplast Today*, 2023, 24: 101260.
- [19] LI T, LI Y F, WANG W G. Association between cup orientation and low back pain after total hip arthroplasty in patients with osteonecrosis of the femoral head [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2024, 25(1): 10.
- [20] FLECHER X, OLLIVIER M, ARGENSON J N. Lower limb length and offset in total hip arthroplasty [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2016, 102(1 Suppl): S9-S20.
- [21] 谭兵, 冯敬, 范斌, 等. 初次全髋关节置换术后股骨偏心距大小与髋关节功能重建的临床研究 [J]. *中国伤残医学*, 2021, 29(4): 5-8.
- [22] TAN B, FENG J, FAN B, et al. Clinical research between the size of femoral offset and reconstruction of hip joint function in the primary total hip arthroplasty [J]. *Chin J Trauma Disabil Med*, 2021, 29(4): 5-8. Chinese.
- [23] MAHMOOD S S, MUKKA S S, CRNALIC S, et al. Association between changes in global femoral offset after total hip arthroplasty and function, quality of life, and abductor muscle strength. A prospective cohort study of 222 patients [J]. *Acta Orthop*, 2016, 87(1): 36-41.
- [24] RENKAWITZ T, WEBER T, DULLIEN S, et al. Leg length and offset differences above 5 mm after total hip arthroplasty are associated with altered gait kinematics [J]. *Gait Posture*, 2016, 49: 196-201.
- [25] KONG K Y, CHANG Y Y, YU D G, et al. Use of a gigli saw as a substitute osteotomy tool when oscillating saw malfunctions occur during hip arthroplasty [J]. *Orthop Surg*, 2022, 14(12): 3277-3282.

(收稿日期: 2024-06-26 本文编辑: 李宜)