

· 临床论著 ·

# 全髋关节置换人工智能三维术前规划的临床应用

席立成, 方怀玺\*

[柳州市工人医院 (广西医科大学第四附属医院) 关节外科/骨肿瘤病区, 广西柳州 545005]

**摘要:** [目的] 探讨人工智能 THA 术前规划系统 (artificial intelligence hip, AIHIP) 在全髋置换术 (total hip arthroplasty, THA) 应用的临床价值。[方法] 选择 2020 年 3 月—2022 年 1 月拟行单侧初次 THA 的 112 例患者, 依据术前医患沟通结果, 74 例使用 AIHIP 系统 (智能组), 38 例使用二维模板测量 (常规组) 进行术前规划。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 智能组在手术时间 [(78.4±29.6) min vs (89.1±34.3) min,  $P<0.05$ ]、髋臼假体符合率 (98.6% vs 78.9%,  $P<0.05$ )、股骨假体符合率 (100.0% vs 84.2%,  $P<0.05$ ) 均显著优于常规组。两组切口长度、术中失血量、切口愈合等级、下地时间、住院时间的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。所有患者均获随访 12 个月以上, 智能组恢复完全负重活动时间显著早于常规组 [(21.8±4.8) d vs (23.0±5.2) d,  $P<0.05$ ]。随时间推移, 两组患者髋关节 Harris 评分、伸屈 ROM、VAS 评分均显著改善 ( $P<0.05$ ); 术后 1、6 个月, 智能组 Harris 评分和伸屈 ROM、VAS 评分均显著优于常规组 ( $P<0.05$ ), 但术后 12 个月时, 两组上述指标的差异已无统计学意义 ( $P>0.05$ )。影像方面, 术后两组髋臼假体外翻角、前倾角、LLD、股骨柄大小合适程度及放置位置的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。但是, 智能组术后纵向髋旋转中心偏移 [(1.0±0.0) mm vs (2.0±0.0) mm,  $P<0.05$ ] 和横向髋旋转中心偏移 [(2.0±0.0) mm vs (3.0±0.0) mm,  $P<0.05$ ] 均显著小于常规组。[结论] AIHIP 系统辅助下 THA 术前规划准确率高, 能有效帮助重建髋关节旋转中心, 缩短手术时间, 早期恢复髋关节功能。

**关键词:** 全髋关节置换术, 术前规划, 人工智能, 模板测量

**中图分类号:** R687.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 01-0018-06

**Application of artificial intelligence hip system for preoperative planning total hip arthroplasty // XI Li-cheng, FANG Huai-xi.** Department of Joint and Bone Tumor Surgery, Workers Hospital of Liuzhou City (The Fourth Affiliated Hospital), Guangxi Medical University, Liuzhou 545005, China

**Abstract: [Objective]** To evaluate the clinical value of artificial intelligence hip (AIHIP) system used in preoperative planning for total hip arthroplasty (THA). **[Methods]** A total of 112 patients who were undergoing unilateral primary THA from March 2020 to January 2022 were selected. According to preoperative doctor-patient communication, AIHIP system was used in 74 cases (intelligent group) and 2D template measurement was used in 38 cases (conventional group) for preoperative planning. The documents of perioperative period, follow-up and imaging were compared between the two groups. **[Results]** The intelligent group proved significantly superior to the conventional group in terms of operative time [(78.4±29.6) min vs (89.1±34.3) min,  $P<0.05$ ], accordance rate of acetabular component (98.6% vs 78.9%,  $P<0.05$ ) and accordance rate of femoral component (100.0% vs 84.2%,  $P<0.05$ ), despite of insignificant differences in incision length, intraoperative blood loss, incision healing grade, ambulation time, and hospital stay between the two groups ( $P>0.05$ ). All patients were followed up for more than 12 months, and the intelligent group resumed full weight-bearing activities significantly earlier than the conventional group [(21.8±4.8) days vs (23.0±5.2) days,  $P<0.05$ ]. The Harris hip score, flexion-extension ROM and VAS scores significantly improved in both groups over time ( $P<0.05$ ). The intelligent group was significantly better than the conventional group in terms of Harris scores, extension ROM and VAS scores 1 and 6 months after operation ( $P<0.05$ ), but there was no statistically significant difference in abovementioned items between the two groups 12 months after surgery ( $P>0.05$ ). Radiographically, there were no statistically significant differences between the two groups in terms of acetabular abduction and anteversion, as well as leg length discrepancy (LLD), femoral stem size and its placement ( $P>0.05$ ). However, the intelligent group was significantly superior to the conventional group in deviation values of longitudinal hip center of rotation [(1.0±0.0) mm vs (2.0±0.0) mm,  $P<0.05$ ] and transverse hip center of rotation [(2.0±0.0) mm vs (3.0±0.0) mm,  $P<0.05$ ] postoperatively. **[Conclusion]** The AIHIP system has high accuracy in preoperative planning for THA, which can effectively help to reconstruct hip rotation

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.01.03

作者简介: 席立成, 主治医师, 研究方向: 骨关节, (电话)18776702912, (电子信箱)469459442@qq.com

\* 通信作者: 方怀玺, (电子信箱)18776702912@163.com

center, shorten operation time and restore hip function in early stage.

**Key words:** total hip arthroplasty, preoperative planning, artificial intelligence, template measurement

人工全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 假体正确的放置对手术效果具有至关重要的作用, 不良的假体安放会使术后相关并发症的发生率增加, 甚至导致手术失败<sup>[1]</sup>。目前, 多数医院仍采用胶片模板测量方法进行术前规划<sup>[2]</sup>。但二维术前规划软件受 X 线片放大率以及拍摄时投照角度的影响较大, 且无法准确显示髋臼三维结构, 准确性及可重复性低, 不能为术中操作及选择合适的假体提供准确的参考, 术中易发生下肢不等长、股骨近端劈裂等并发症<sup>[3]</sup>。为解决上述问题, 三维术前规划软件应运而生<sup>[4]</sup>, 但目前临床所用此类软件需要对 CT 图像手动分割、放置, 操作繁琐、耗时较长, 效率较低<sup>[1, 5-6]</sup>。而随着手术技术的不断提高, 髋关节手术平均术前住院时间较短, 此类软件难以满足临床需要。因此, 大多数术者在术中更多依赖手术经验进行截骨和假体的选择, 由于缺乏准确有效的术前规划, 此种判断方法常产生误差, 引发术后相关并发症<sup>[7]</sup>。

近年来, 人工智能技术在骨科影像识别与分割领域得到了广泛应用<sup>[5, 8]</sup>。由北京长木谷医疗公司研发的人工智能 THA 术前规划系统 (artificial intelligence hip, AIHIP 系统) 是目前最新的 THA 术前规划系统之一<sup>[5]</sup>。AIHIP 系统可以借助其独特的神经网络技术, 快速识别解剖位点并分割, 匹配 THA 中所需假体的大小及类型, 规划截骨方向及截骨量, 高效实现术前规划, 降低 THA 术后并发症的发生, 提升手术效果<sup>[5]</sup>。本院将 AIHIP 系统应用于 HIP 的术前规划, 并与传统术前规划方法比较, 现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 30 岁 ≤ 年龄 ≤ 65 岁; (2) 诊断为股骨头坏死: 国际骨循环研究协会 (Association Research Circulation Osseous, ARCO) 分期为 III 期或 IV 期, 拟行初次 THA; (3) 对侧髋关节结构完全正常; (4) 患者同意选择使用 Pinnacle 髋臼杯及 Corial 股骨柄 (生物型, DePuy 公司, 美国); (5) 四肢神经功能、肌力及肌张力正常。

排除标准: (1) 术侧髋关节软组织挛缩严重; (2) 合并其他疾病影响术后康复; (3) 患者依从性差或不能配合随访者; (4) 髋臼畸形、缺损或病变严

重, 或股骨存在严重缺损或畸形者。

### 1.2 一般资料

本研究为前瞻对照研究, 2020 年 3 月—2022 年 1 月共 112 例 THA 患者符合上述标准, 纳入本研究。根据医患沟通结果, 其中 74 例使用 AIHIP 系统 (智能组), 38 例使用二维模板测量 (常规组)。两组患者年龄、性别、身高、体重、病程、ARCO 分期及 BMI 值等一般资料比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 1。本研究获柳州市工人医院伦理委员会批准, 所有患者均知情同意、签署知情同意书。

表 1 两组患者术前资料比较  
Table 1 Comparison of preoperative data between the two groups

指标	智能组 (n=74)	常规组 (n=38)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	52.2 ± 26.4	53.3 ± 24.7	0.955
性别 (例, 男/女)	54/20	27/11	0.830
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	20.9 ± 3.9	21.3 ± 3.6	0.587
病程 (月, $\bar{x} \pm s$ )	28.6 ± 11.5	30.5 ± 12.3	0.171
侧别 (例, 左/右)	34/40	18/20	0.886
ARCO 分期 (例, III/IV)	34/40	17/21	0.903

### 1.3 术前规划与手术方法

智能组: 术前行双髋 CT 平扫, 并将 CT 图像的数据导入 AIHIP 软件中, 精确实现 3 个窗口的三轴联动与三维重建<sup>[9]</sup>。系统自动测算髋臼直径、股骨髓腔直径、股骨颈干角等参数 (图 1a)。AI 系统确定髋臼假体型号, 按照矫正后骨盆坐标系, 以外展 40°、前倾 20° 安放臼杯假体 (图 1b), 同时, AI 系统根据髓腔特点匹配股骨柄及球头模拟安放假体 (图 1c), 规划者可进行微调。系统进一步确定截骨高度及角度, 完成术前规划。系统规划显示术后与术前以及术后与对侧相比的患肢长度差、偏心距变化值, 以及大转子顶点至股骨柄假体最上方的距离 (尖肩距)、股骨颈截骨位置距离小转子上缘的距离 (截骨距) (图 1d)。

常规组: 摄标准骨盆正位及股骨正侧位 (含髋关节) X 线片<sup>[10, 11]</sup>; 使用传统假体胶片模板 (Zimmer Biomet 公司) 测量方法进行手工规划并记录。

两组患者手术均由同一组医师完成。全麻下采用后外侧入路, 逐层切开、钝性分离臀大肌, 切断部分短外旋肌群及关节囊显露股骨颈, 根据术前规划进行股骨颈截骨。显露髋臼, 充分暴露髋臼结构, 参考术

前规划并根据实际磨搓情况选择臼杯。然后进行股骨扩髓，安装股骨假体及股骨球头假体，复位后测量双下肢长度并测试髋关节稳定性，逐层闭合切口（图 1e）。两组患者围手术期预防感染、镇痛、抗凝及康复训练等均参照中国髋膝关节置换围手术期加速康复专家共识<sup>[12]</sup>。

#### 1.4 评价指标

记录围手术期资料。股骨假体大小位置依据 Nakata 方法<sup>[13]</sup>判断，髋臼假体位置依据 Pradhan 方法<sup>[14]</sup>判断。完全匹配：术中使用假体型号与术前规划完全一致；一般匹配：与术前规划相差 $\pm 1$ 号；不匹配：与术前规划相差 $\pm 2$ 号及以上。假体型号的符合率为完全匹配例数与一般匹配例数之和占总例数的百分比。采用 Harris 评分、疼痛视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）、髋关节屈-伸活动度（range

of motion, ROM）评价临床效果。行影像检查，测量髋臼假体外翻角及前倾角、股骨柄位置及大小及双下肢长度差（leg length discrepancy, LLD）、双侧髋臼旋转中心垂直偏移（longitudinal transvers hip center of rotation, l-HCOR）差及旋转中心水平偏移（transverse hip center of rotation, t-HCOR）<sup>[15]</sup>。

#### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 对数据进行统计分析，计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；组内不同时间点比较采用单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验；计数资料比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确概率法；等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验（Wilcoxon 秩和检验）。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

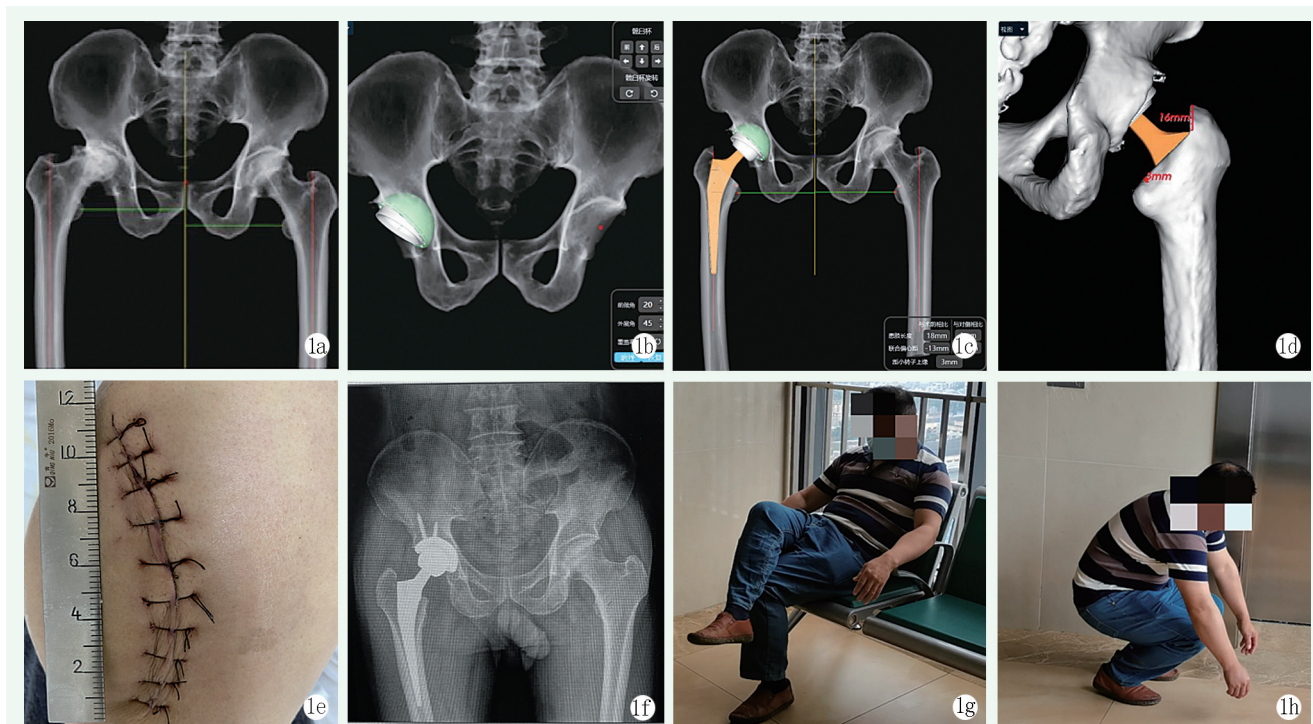


图 1 患者，男，59 岁，右侧股骨头坏死 ARCO IV 期。1a: 规划前相关参数测量；1b: 髋臼杯二维与三维视图（显示模拟髋臼假体型号、前倾角、外展角及覆盖率）；1c: 模拟股骨颈截骨位置及高度；1d: 三维重建模拟假体安放，智能测算假体的最佳位置；1e: 后切口长度及愈合；1f: 术后骨盆 X 线片；1g, 1h: 末次随访患者髋关节功能良好。

Figure 1. A 59-year-old male patient suffered ARCO stage IV right femoral head necrosis. 1a: Measurement of related parameters before planning; 1b: 2D and 3D view of the acetabular cup, showing simulated acetabular prosthesis size, forward inclination, abduction angle and coverage; 1c: Simulating position and height of femoral neck osteotomy; 1d: 3D reconstruction simulates the placement of the prosthesis, and intelligently calculates the best position of the prosthesis; 1e: Posterior incision length and healing; 1f: Postoperative pelvic radiographs; 1g, 1h: The patient had good hip function at the last follow-up.

## 2 结果

### 2.1 围手术期资料

围手术期资料见表 2。智能组手术时间显著少于

常规组 ( $P < 0.05$ )。两组患者在切口长度、术中失血量、切口愈合等级、下地时间、住院时间的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。常规组术中出现 1 例股骨近端劈裂骨折，术中予以钢丝捆扎固定，术后延迟下地。

智能组髋臼杯型号匹配情况：完全匹配 56 例、一般匹配 17 例、不匹配 1 例（-2 号）；股骨柄假体完全匹配 56 例、一般匹配 18 例、不匹配 0 例。常规组髋臼杯型号匹配程度：完全匹配 14 例、一般匹配 16 例、不匹配 8 例；股骨柄完全匹配 9 例、一般匹配 23 例、不匹配 6 例。智能组髋臼及股骨假体型号符合率显著优于常规组 ( $P<0.05$ )。

## 2.2 随访结果

所有患者均获随访 12 个月以上，随访期间无脱位、假体周围骨折、翻修病例。智能组完全负重活动时间显著早于常规组 ( $P<0.05$ )，随时间推移，两组患者髋关节 Harris 评分、伸屈 ROM 显著增加 ( $P<0.05$ )，VAS 评分显著减少 ( $P<0.05$ )。术后 1、6 个月，智能组 Harris 评分和伸屈 ROM、VAS 评分均显

著优于常规组 ( $P<0.05$ )，但术后 12 个月时，两组上述指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )，见表 3。

表 2 两组患者围手术期资料与比较  
Table 2 Comparison of perioperative data between the two groups

指标	智能组 (n=74)	常规组 (n=38)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	78.4±29.6	89.1±34.3	0.042
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	11.8±3.5	12.0±3.8	0.901
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )	216.5±49.3	220.4±48.7	0.922
髋臼侧假体符合 [例 (%)]	73 (98.6)	30 (78.9)	<0.001
股骨侧假体符合 [例 (%)]	74 (100.0)	32 (84.2)	0.002
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	1.2±0.3	1.2±0.3	0.839
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	74/0/0	38/0/0	0.766
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	10.4±2.1	11.7±2.2	0.391

表 3 两组患者随访资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

Table 3 Comparison of follow-up data between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	时间点	智能组 (n=74)	常规组 (n=38)	P 值
完全负重活动时间 (d)		21.8±4.8	23.0±5.2	0.008
Harris 评分 (分)	术后 1 个月	79.4±10.6	74.7±9.6	<0.001
	术后 6 个月	92.4±17.5	88.1±19.0	0.002
	术后 12 个月	96.7±16.9	93.9±18.4	0.397
	P 值	<0.001	<0.001	
伸屈 ROM (°)	术后 1 个月	103.1±15.3	98.6±15.3	0.015
	术后 6 个月	113.0±16.3	108.4±17.5	0.027
	术后 12 个月	119.9±16.9	117.8±17.9	0.961
	P 值	<0.001	<0.001	
VAS 评分 (分)	术后 1 个月	3.3±1.0	3.7±1.0	0.009
	术后 6 个月	1.1±0.2	1.3±0.2	0.021
	术后 12 个月	0.4±0.1	0.4±0.1	0.910
	P 值	<0.001	<0.001	

## 2.3 影像评估

两组影像测量结果见表 4。两组术后 LLD 均较术前显著减小 ( $P<0.05$ )，与术前比较，术后智能组 l-HCOR 和 t-HCOR 无明显变化 ( $P>0.05$ )，而常规组 l-HCOR 和 t-HCOR 明显加大 ( $P<0.05$ )。两组术前 l-HCOR 和 t-HCOR 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )，术后智能组 l-HCOR 和 t-HCOR 均显著小于常规组 ( $P<0.05$ )。典型病例见图 1。术后两组患者髋臼假体外翻角、前倾角、LLD、股骨柄大小合适程度及放置位置的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

本研究表明，传统二维模板测量和 AI 三维术前规划系统均能有效重建双下肢长度，但在恢复髋臼偏心距和重建髋关节旋转中心高度方面，三维术前规划系统优于二维模板测量，这与吴东等<sup>[9, 16]</sup>研究结果一致，但该文献并未研究术后髋关节功能的差异，而重建髋关节旋转中心、恢复髋臼偏心距对提高髋关节功能具有重要作用<sup>[17]</sup>。

AIHIP 的软件优势：(1) 提高工作效率，相比目前较为流行的 3D 打印辅助下 THA 的术前规划，AIHIP 软件处理速度快是明显优势<sup>[18]</sup>。AIHIP 借助其独特的神经网络技术，可快速识别髋关节解剖位点并通过系统识别自动分割，高效实现规划。其他现有的三维术前规划软件如 Mimics、HipPlan 等需要手动分

割, 因操作繁琐、耗时较长而工作效率较低<sup>[19, 20]</sup>;  
(2) 准确率高, AIHIP 软件依据假体设计理念及人体

解剖参数, 智能放置假体位置, 计算最适角度, 假体  
匹配率显著高于二维规划的假体匹配率<sup>[25]</sup>。

表 4 两组患者影像资料与比较  
Table 4 Comparison of imaging data between the two groups

指标	时间点	智能组 (n=74)	常规组 (n=38)	P 值
术后髋臼假体外翻角 (°, $\bar{x} \pm s$ )		41.3±10.1	42.7±10.7	0.943
术后髋臼假体前倾角 (°, $\bar{x} \pm s$ )		19.3±4.1	20.5±4.4	0.858
I-HCOR (mm, $\bar{x} \pm s$ )	术前	1.0±0.1	1.0±0.1	0.629
	术后	1.0±0.0	2.0±0.0	<b>0.008</b>
	P 值	0.184	<b>0.009</b>	
t-HCOR (mm, $\bar{x} \pm s$ )	术前	2.0±0.1	2.0±0.1	0.890
	术后	2.0±0.0	3.0±0.0	<b>&lt;0.001</b>
	P 值	0.094	<b>0.017</b>	
LLD (mm, $\bar{x} \pm s$ )	术前	16.1±0.5	15.2±0.7	0.524
	术后	3.9±0.1	4.1±0.1	0.072
	P 值	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	
术后股骨柄位置 (例, 中置/偏置)		72/2	36/2	0.878
术后股骨柄大小 (例, 适当/偏小)		73/1	37/1	0.565

此外, 对于复杂的髋关节病变, CT 三维规划有利于减少术中错误<sup>[21]</sup>。术前借助 AIHIP 系统可对髋关节 CT 图像进行智能分割, 清晰观察髋臼、股骨髓腔的形态与缺损, 自动识别髋关节解剖参数, 在 CT 层面确定假体型号、自动识别臼杯位置以及匹配适当股骨柄及球头。术者可在设计图上调整并确定髋关节大小、放置角度及位置, 减少术中因判断不准而产生一些不必要的并发症。Zeng 等<sup>[22]</sup>采用 CT 三维术前规划软件对 DDH 患者进行研究, 结果证实, 规划假体的型号与术中实际置入假体型号相差在 1 个尺寸之内者为 100%。本研究中, AIHIP 术前规划系统准确测量大转子顶点至股骨柄假体最上方的距离、股骨颈截骨位置距离小转子上缘的距离, 对指导术中股骨柄置入深度与调节双下肢长度具有重要意义。

本研究不足之处: (1) 纳入病例数较少, 有待开展大宗前瞻性、多中心的随机对照研究对该 AIHIP 三维规划系统的精准性、安全性和有效性进一步验证; (2) 纳入病种较单一, 仅纳入单侧股骨头坏死需行 THA 的患者, 且未对髋臼或股骨存在明显畸形或缺损等复杂病例进行研究。

#### 参考文献

[1] 魏强, 徐耀增, 朱锋, 等. 基于三维数据的术前计划指导全髋关节置换术髋臼假体植入的准确性分析 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2017, 10 (5): 372-376. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2017.05-03.

Wei Q, Xu YZ, Zhu F, et al. Analysis of accuracy for acetabular component in total hip arthroplasty using preoperative planning based on three-dimensional data [J]. Chinese Journal of Bone and Joint Surgery, 2017, 10 (5): 372-376. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2017.05-03.

[2] 杨伟, 曹正, 杨敏之, 等. 数字化模板计划在直接前方入路人工全髋关节置换术中的应用研究 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33 (11): 1374-1378. DOI: 10.7507/1002-1892.201903108. Yang W, Cao Z, Yang MZ, et al. Application of preoperative digital-template planning in total hip arthroplasty via direct anterior approach [J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2019, 33 (11): 1374-1378. DOI: 10.7507/1002-1892.2019 03108.

[3] Healy WL, Iorio R, Clair AJ, et al. Complications of total hip arthroplasty: standardized list, definitions, and stratification developed by the hip society [J]. Clin Orthop Relat Res, 2016, 474 (2): 357-364. DOI: 10.1007/s11999-016-4804-5.

[4] 杨滨, 张克, 袁亮, 等. 三维术前规划在全髋关节置换术中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (7): 653-656. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.16.

Yang B, Zhang K, Yuan L, et al. Application of three-dimensional preoperative planning in total hip arthroplasty [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (7): 653-656. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.07.16.

[5] Wu D, Zhi X, Liu XY, 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. DOI: 10.1186/s13018-022-02932-w.

[6] 霍佳邦, 赵畅, 黄广鑫, 等. CT 数据三维规划预测全髋关节置

- 换假体型号及截骨的准确性与可复性[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25 (27): 4294-4299. DOI: 10.12307/2021.185.
- Huo JB, Zhao C, Huang GX, et al. Accuracy and reproducibility of three-dimensional planning based on CT data for predicting prosthesis type and osteotomy in total hip arthroplasty [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2021, 25 (27): 4294-4299. DOI: 10.12307/2021.185.
- [7] Holzer LA, Scholler G, Wagner S, et al. The accuracy of digital templating in uncemented total hip arthroplasty [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2019, 139 (2): 263-268. DOI: 10.1007/S00402-018-3080-0.
- [8] Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, et al. Artificial intelligence in radiology [J]. Nat Rev Cancer, 2018, 18 (8): 500-510. DOI: 10.1038/s41568-018-0016-5.
- [9] 吴东, 刘星宇, 张逸凌, 等. 人工智能辅助全髋关节置换术三维规划系统的研发及临床应用研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34 (9): 1077-1084. DOI: 10.7507/1002-1892.202005007
- Wu D, Liu XY, Zhang YL, et al. Research and application of artificial intelligence based three-dimensional preoperative planning system for total hip arthroplasty [J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2020, 34 (9): 1077-1084. DOI: 10.7507/1002-1892.202005007.
- [10] 屈万明, 周宏斌, 田鹏, 等. 一种新的人工全髋关节置换术偏心距测量方法研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2022, 36 (4): 425-430. DOI: 10.7507/1002-1892.202109064.
- Qu WM, Zhou HB, Tian P, et al. A new measurement method of offset in total hip arthroplasty [J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2022, 36 (4): 425-430. DOI: 10.7507/1002-1892.202109064.
- [11] Philippe MD, Massin D, Laurent Geai S, et al. The anatomic basis for the concept of lateralized femoral stems: a frontal plane radiographic study of the proximal femur [J]. Dep Orthop Surg, 1999, 6 (14): 196-204. DOI: 10.1016/S0883-5403(00)91337-8.
- [12] 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 (1): 1-9. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2016.01-01.
- Zhou ZK, Weng XS, Qu TB, et al. Expert consensus in enhanced recovery after total hip and knee arthroplasty in China: diagnosis and treatment of perioperative anemia [J]. Chinese Journal of Bone and Joint Surgery, 2016, 9 (1): 1-9. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2016.01-01.
- [13] Nakata K, Nishikawa M, Yamamoto K, et al. A clinical comparative study of the direct anterior with mini-posterior approach: two consecutive series [J]. J Arthroplasty, 2009, 24 (5): 698-704. DOI: 10.1016/j.arth.2008.04.012.
- [14] Pradhan R. Planar anteversion of the acetabular cup as determined from plain anteroposterior radiographs [J]. J Bone Joint Surg Br, 1999, 81 (3): 431-435. DOI: 10.1302/0301-620x.81b3.9067.
- [15] Dastane M, Dorr LD, Tarwala R, et al. Hip offset in total hip arthroplasty: quantitative measurement with navigation [J]. Clin Orthop Relat Res, 2011, 469 (2): 429-436. DOI: 10.1007/s11999-010-1554-7.
- [16] Reinbacher P, Smolle MA, Friesenbichler J, et al. Pre-operative templating in THA using a short stem system: precision and accuracy of 2D versus 3D planning method [J]. J Orthop Traumatol, 2022, 23 (1): 16. DOI: 10.1186/s10195-022-00634-x.
- [17] Mahmood SS, Mukka SS, Crmalic 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. DOI: 10.3109/17453674.2015.1091955.
- [18] Huo J, Huang G, Han D, et al. Value of 3D preoperative planning for primary total hip arthroplasty based on artificial intelligence technology [J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16 (1): 156. DOI: 10.21203/rs.3.rs-120578/v1.
- [19] 徐征宇, 杜俊伟, 姜瑶, 等. 全髋关节置换术术前模板测量与规划研究进展[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2021, 15 (1): 83-91. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2021.01.014.
- Xu ZY, Du JW, Jiang Y, et al. Research progress of preoperative templating and planning in total hip arthroplasty [J]. Chinese Journal of Joint Surgery, 2021, 15 (1): 83-91. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2021.01.014.
- [20] 米尔阿地力·麦提依明, 依力哈木江·吾斯曼, 孙荣鑫, 等. 人工智能术前规划系统在人工全髋关节置换术治疗成人发育性髋关节发育不良中的应用研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2023, 37 (1): 25-30. DOI: 10.7507/1002-1892.202209098.
- Mieradili Maimaitiyiming, Yilihamujinag Wutiman, Sun RX, et al. Application of artificial intelligence preoperative planning system in total hip arthroplasty for adult developmental dysplasia of the hip [J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2023, 37 (1): 25-30. DOI: 10.7507/1002-1892.202209098.
- [21] 杨龙, 王建吉, 刘国勇, 等. 3D打印技术在髋臼发育不良髋关节置换中的初步应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24 (17): 1550-1553. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.17.03.
- Yang L, Wang JJ, Liu GY, et al. 3D printing prototyping technology in total hip arthroplasty for developmental dysplasia [J]. Orthopedic Journal of China, 2016, 24 (17): 1550-1553. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.17.03.
- [22] Zeng Y, Lai OJ, Shen B, et al. Three-dimensional computerized preoperative planning of total hip arthroplasty with high-riding dislocation developmental dysplasia of the hip [J]. Orthop Surg, 2014, 6 (2): 95-102. DOI: 10.1111/os.12099.

(收稿:2022-10-31 修回:2023-07-12)

(同行评议专家:李颖, 汤志辉)

(本文编辑:郭秀婷)