

## • 临床论著 •

## 人工智能辅助全髋关节置换术的临床疗效及相关影响因素

许志庆<sup>1</sup> 龚志兵<sup>1△</sup> 张前进<sup>1</sup> 庄至坤<sup>1</sup> 吴荣凯<sup>1</sup> 吴昭克<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:探讨人工智能辅助全髋关节置换术(THA)的临床疗效及相关影响因素。方法:选取 2021 年 9 月至 2023 年 9 月行初次全髋关节置换术患者 163 例,分为人工智能辅助全髋关节置换术三维规划系统(AIHIP)组和二维模板组。AIHIP 组应用 AIHIP 进行术前规划;二维模板组应用传统 X 线片二维模板进行术前规划。比较两组术前规划时间、术中出血量、手术时间;髋臼杯、股骨柄型号±0 号和±1 号准确率;术后双下肢长度差值、双侧联合偏心距差值及 Harris 髋关节功能评分。结果:两组患者术前规划时间、术中出血量、手术时间比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。AIHIP 组髋臼杯、股骨柄型号±0 号和±1 号准确率及术后双下肢长度差值、双侧联合偏心距差值、末次随访 Harris 评分均优于二维模板组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。分析结果显示年龄、股骨 Dorr 分类影响 AIHIP 组规划股骨柄假体准确性,年龄、诊断影响 AIHIP 组规划髋臼杯假体准确性。结论:AIHIP 规划辅助全髋关节置换术较二维模板规划可以进一步提高术前规划假体准确率,有助于手术更精准化,更好地恢复下肢长度及功能,值得进一步推广应用。性别、体重指数可能不影响 AIHIP 应用的准确性,但年龄、诊断、股骨 Dorr 分类可能会造成影响。

**[关键词]** 人工智能;全髋关节置换术;临床疗效;影响因素

**[中图分类号]** R687.4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2025)05-0061-08

**DOI:**10.20085/j.cnki.issn1005-0205.250513

## The Impact of Artificial Intelligence Assistance on Clinical Outcomes in Total Hip Arthroplasty and Related Influencing Factors

XU Zhiqing<sup>1</sup> GONG Zhibing<sup>1△</sup> ZHANG Qianjin<sup>1</sup> ZHUANG Zhikun<sup>1</sup> WU Rongkai<sup>1</sup> WU Zhaoke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Quanzhou Orthopedics-Traumatological Hospital, Quanzhou 362000, Fujian China.

**Abstract Objective:** To investigate the clinical efficacy and related influencing factors of artificial intelligence based three-dimensional preoperative planning system for total hip arthroplasty (AIHIP). **Methods:** From September 2021 to September 2023, 163 patients undergoing primary total hip arthroplasty were divided into the AIHIP group and the two-dimensional (2D) template group. Preoperative planning time, intraoperative blood loss, and surgical time were compared between the two groups. The accuracy of acetabular cup and femoral stem sizes  $\pm 0$  and  $\pm 1$ ; postoperative differences between bilateral lower limb length, bilateral combined offset distance, and Harris scores were also compared. **Results:** There were no statistically significant differences in preoperative planning time, intraoperative blood loss, and surgical time between the two groups ( $P>0.05$ ). The AIHIP group demonstrated superior accuracy in acetabular cup and femoral stem sizes  $\pm 0$  and  $\pm 1$ , postoperative difference between bilateral lower limb length, bilateral combined offset distance difference, and final follow-up Harris scores compared to the 2D template group, with statistically significant differences ( $P<0.05$ ). The data showed that age and femoral Dorr classification affect the accuracy of femoral stem planning in the AIHIP group, while age and diagnosis affected the accuracy of acetabular cup planning. **Conclusion:** AIHIP planning assistance in total hip arthroplasty (THA) can further improve the accuracy of preoperative planning of prostheses compared to 2D template planning, contributing to more precise surgery and better restoration of lower limb length and function, which is

worth further promotion. Gender and body mass index may not affect the accuracy of AIHIP application, but age, diagnosis, and femoral Dorr classification may have an impact.

**Keywords:** artificial intelligence; total hip arthroplasty; clinical efficacy; influencing factors

基金项目:泉州市级科技计划项目(2023NS090)

福建省科技计划项目青年科研课题(2022QNB007)

<sup>1</sup> 泉州市正骨医院(福建 泉州, 362000)

<sup>△</sup>通信作者 E-mail:441080384@qq.com

全髋关节置换术(Total Hip Arthroplasty, THA)被称为“世纪手术”,广泛应用于髋关节骨性关节炎、老年股骨颈骨折、股骨头缺血性坏死、髋关节发育不良的治疗,可以解决髋关节的疼痛,提高患者的生活质量。准确的全髋关节置换术术前规划全面评估是重建关节功能、改善生活质量、保证假体寿命的关键因素,不准确的规划可导致术后疼痛、肢体长度不一致、脱位、撞击、应力屏蔽、假体磨损松动等并发症<sup>[1-2]</sup>,增加患者的不满意率和二次手术风险。目前全髋关节置换术术前规划主要依赖于二维模板,但由于拍摄角度限制、拍摄体位不当、放大比例误差、测量者经验不足等问题影响,使得传统的基于二维模板的术前规划不太准确<sup>[3-4]</sup>。近年来人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术发展迅速,多种人工智能三维规划系统(Artificial Intelligence Based Three-Dimensional Preoperative Planning System for Total Hip Arthroplasty, AIHIP)应运而生,能够自动识别CT图像,快速构建髋关节三维模型,识别股骨和髋臼形态并智能匹配最佳假体尺寸,辅助术前规划,提高手术成功率,降低术后并发症风险<sup>[5-6]</sup>。既往文献报道人工智能三维规划系统规划股骨柄假体尺寸的准确率为79.5%~97.8%,髋臼杯假体尺寸的准确率为76.8%~96.0%<sup>[4,7]</sup>。本研究旨在进行前瞻性随机对照临床研究通过人工智能三维规划系统与二维模板规划对比,验证人工智能三维规划系统的应用疗效,并进一步分析潜在相关影响因素,为人工智能三维规划系统提供改进依据进而更好地服务临床,现报告如下。

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究对象

选取2021年9月至2023年9月在泉州市正骨医院关节外科行初次全髋关节置换术患者168例进行前瞻性随机对照临床研究。用随机数字表法分为人工智能三维规划系统(AIHIP)组84例和二维模板组84例。二维模板组应用传统X线片二维模板进行术前规划,AIHIP组应用人工智能三维规划系统进行术前规划。记录两组患者一般资料,包括侧别、年龄、性别、诊断、身体质量指数、股骨Dorr分类。

### 1.2 纳入标准

1)诊断为髋关节骨性关节炎、老年股骨颈骨折、股骨头缺血性坏死、髋关节发育不良;2)行单侧初次全髋关节置换术;3)使用强生公司Pinnacle髋臼杯假体及Corail股骨柄假体;4)随访时间不少于1年。

### 1.3 排除标准

1)患髋骨折或手术史;2)炎症性髋关节病;3)Crowe IV型髋关节发育不良;4)合并严重器质性疾病

不耐受手术;5)合并精神类疾病。所有患者均知情并书面同意参与。

### 1.4 剔除标准

剔除随访资料不完整患者。

### 1.5 方法

**1.5.1 影像检查** 1)AIHIP组和二维模板组患者均拍摄标准的双髋正侧位X线片,要求:(1)取仰卧位,双下肢伸直、稍内旋,使髌骨朝前;(2)拍摄以耻骨联合为中心,范围包括髋关节、股骨近端、耻骨、坐骨、髌骨;(3)股骨颈无投影变形。2)AIHIP组行髋关节CT三维重建扫描,要求:(1)取仰卧位,双下肢伸直,稍内旋,使髌骨朝前;(2)扫描范围包括髌嵴至股骨中上段;(3)层厚为1.0 mm。

**1.5.2 二维模板组术前规划** 选用强生公司提供的放大率为20%的假体模板在相同且正确放大率的X线片上进行二维术前规划。1)将股骨柄假体模板紧密贴合股骨内外侧皮质选择最匹配的股骨假体;2)根据髋臼假体模板选择与患者髋臼轮廓相匹配大小的髋臼假体,内侧缘紧贴髋臼底避免过度去除软骨下骨,下缘在闭孔水平处,外展角为40°~45°;3)股骨柄及髋臼假体安放后测量双下肢长度及双侧联合偏心距差值确定股骨头假体大小。

**1.5.3 AIHIP组术前规划** 1)将髋关节CT三维重建扫描图像数据以DICOM格式导入人工智能三维规划系统(北京长木谷医疗科技有限公司);2)有效识别和智能分割相关解剖结构,快速精确构建髋关节三维模型;3)自动识别髋臼的前后径和上下径,智能放置髋臼假体的位置(尽可能恢复旋转中心,维持前倾角20°、外展角40°置入充分填充前后壁),实现髋臼假体最合适的位置和型号;4)自动识别股骨近端髓腔内径和皮质骨厚度,自动匹配最合适的股骨柄假体型号以实现最大化填充;5)根据股骨柄及髋臼假体型号、双下肢长度及双侧联合偏心距差值智能选择最佳的股骨头假体型号;6)所有假体型号选定后,自动测量截骨高度、双下肢长度及双侧联合偏心距差值,并模拟术后正位X线片效果。

**1.5.4 手术方法** 所有患者都由同一组医生采用后外侧入路按照术前规划的手术方案完成手术。术中参考术前规划及按照术中实际情况选择型号最合适的髋臼杯、股骨柄及股骨头假体。

**1.5.5 术后处理** 所有患者术后予头孢唑林预防感染、利伐沙班抗凝、氟吡洛芬酯止痛、竭七胶囊活血化瘀、功能锻炼等处理。

**1.5.6 疗效评定方法** 1)比较术前规划时间、术中出血量、手术时间、术后并发症。2)假体规划准确率:术前规划假体型号与术中实际应用的型号±0号准确率

及±1号准确率,包括髌臼杯、股骨柄及股骨头。3)比较术后双下肢长度差值及双侧联合偏心距差值<sup>[8]</sup>。4)Harris髋关节功能评分:采用 Harris 评分比较两组髋关节功能恢复情况,满分 100 分,分值越高髋关节恢复情况越好。

1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS19.0 软件。应用卡方检验分析性别、诊断、股骨 Dorr 分类、假体型号准确率是否有显著性差异;影响因素分析中诊断、股骨 Dorr 分类采

用 Fisher 的精确检验;符合正态分布的计量资料用  $\bar{x}\pm s$ 形式表示,组间比较用  $t$  检验。 $P<0.05$  差异有统计学意义。

2 结果

二维模板组患者 5 例失访,随访资料不完整,最终 AIHIP 组 84 例和二维模板组 79 例,共 163 例患者进入结果分析。AIHIP 组和二维模板组患者侧别、年龄、性别、诊断、体重指数、股骨 Dorr 分类比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较

指标		AIHIP 组( $n=84$ )	二维模板组( $n=79$ )	统计检验值	$P$
侧别(左/右)/例		40/44	39/40	$\chi^2=0.050$	0.823
年龄/岁		$59.40\pm 6.61$	$59.71\pm 6.72$	$t=0.291$	0.771
性别(男/女)/例		38/46	32/47	$\chi^2=0.372$	0.542
诊断	股骨头缺血性坏死/例	21	16	$\chi^2=2.265$	0.519
	髋关节骨性关节炎/例	12	17		
	髋关节发育不良/例	36	29		
	老年股骨颈骨折/例	15	17		
体重指数/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )		$25.04\pm 2.64$	$25.54\pm 2.40$	$t=1.261$	0.209
股骨 Dorr 分类	A/例	28	20	$\chi^2=1.964$	0.374
	B/例	43	49		
	C/例	13	10		

AIHIP 组和二维模板组患者术前规划时间、术中出血量、手术时间比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 2。两组患者术后均未发生关节脱位、深静脉血栓、感染并发症。

AIHIP 组患者髌臼杯假体型号±0 号及±1 号准确率分别为 76.19%和 92.86%,二维模板组患者分别为 39.24%和 81.01%,差异有统计学意义( $P<$

0.05);AIHIP 组患者股骨柄假体型号±0 号和±1 号准确率分别为 84.52%和 95.24%,二维模板组患者分别为 58.23%和 86.08%,差异有统计学意义( $P<0.05$ );AIHIP 组患者股骨头假体型号±0 号准确率为 89.29%,二维模板组为 65.82%,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 2。

AIHIP 组患者术后双下肢长度差值为( $4.55\pm$

表 2 两组患者假体型号准确率比较

指标		AIHIP 组( $n=84$ )	二维模板组( $n=79$ )	统计检验值	$P$
术前规划时间/min		$5.60\pm 1.64$	$6.06\pm 3.27$	$t=1.166$	0.246
术中出血量/mL		$326.31\pm 95.78$	$316.58\pm 87.43$	$t=0.676$	0.500
手术时间/min		$54.30\pm 9.70$	$55.04\pm 10.56$	$t=0.467$	0.641
髌臼杯假体型号	±0 号/例	64	31	$\chi^2=22.861$	$<0.001$
	±1 号/例	78	64	$\chi^2=5.089$	0.024
股骨柄假体型号	±0 号/例	71	46	$\chi^2=13.897$	$<0.001$
	±1 号/例	80	68	$\chi^2=4.090$	0.043
股骨头假体型号		75	52	$\chi^2=13.024$	$<0.001$

2.09)mm、双侧联合偏心距差值为( $3.87\pm 1.56$ )mm,与二维模板组患者术后双下肢长度差值( $5.39\pm 2.38$ )mm、双侧联合偏心距差值( $5.67\pm 2.13$ )mm 比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 3。

所有患者获得 12~36 个月随访,AIHIP 组患者末次随访 Harris 评分为( $84.20\pm 5.12$ )分,与二维模板组患者( $79.24\pm 5.59$ )分比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 3。

表 3 两组患者术后双下肢长度差值、双侧联合偏心距差值及末次随访 Harris 评分比较( $\bar{x}\pm s$ )

指标	AIHIP 组( $n=38$ )	二维模板组( $n=40$ )	$t$	$P$
术后双下肢长度差值/mm	$4.55\pm 2.09$	$5.39\pm 2.38$	2.410	0.017
术后双侧联合偏心距差值/mm	$3.87\pm 1.56$	$5.67\pm 2.13$	6.192	$<0.001$
末次随访 Harris 评分/分	$84.20\pm 5.12$	$79.24\pm 5.59$	5.915	$<0.001$

AIHIP 组患者规划股骨柄假体 71 例进入准确组,13 例进入不准确组,单因素分析结果显示年龄、股骨 Dorr 分



类两组间差异有统计学意义( $P<0.05$ ),性别、诊断、体重指数两组间差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 4。

表 4 AIHIP 规划股骨柄假体不准确的单因素分析

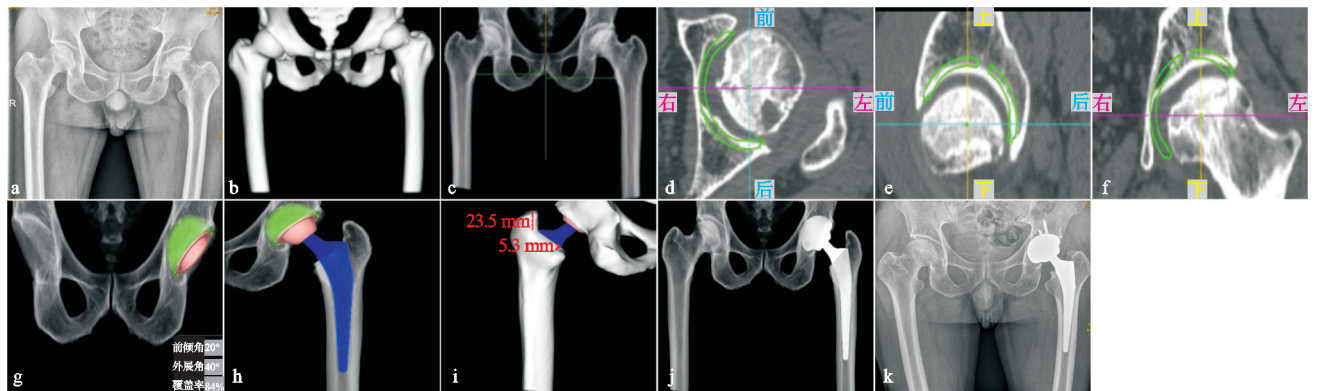
指标	AIHIP 准确组( $n=71$ )	AIHIP 不准确组( $n=13$ )	$F$	$P$
年龄/岁	57.83±4.71	68.00±8.82	37.480	<0.001
性别(男/女)/例	33/38	5/8	0.852	0.593
诊断	股骨头缺血性坏死/例	1	0.621	0.433
	髋关节骨性关节炎/例	1		
	髋关节发育不良/例	9		
	老年股骨颈骨折/例	2		
体重指数/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	25.04±2.65	24.45±2.03	0.591	0.444
股骨 Dorr 分类	A/例	4	5.912	0.017
	B/例	2		
	C/例	7		

AIHIP 组患者规划髋臼杯假体 64 例进入准确组,20 例进入不准确组,单因素分析结果显示年龄、诊断两组间差异有统计学意义( $P<0.05$ ),性别、体重指数两组间差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 5。

表 5 AIHIP 规划髋臼杯假体不准确的单因素分析

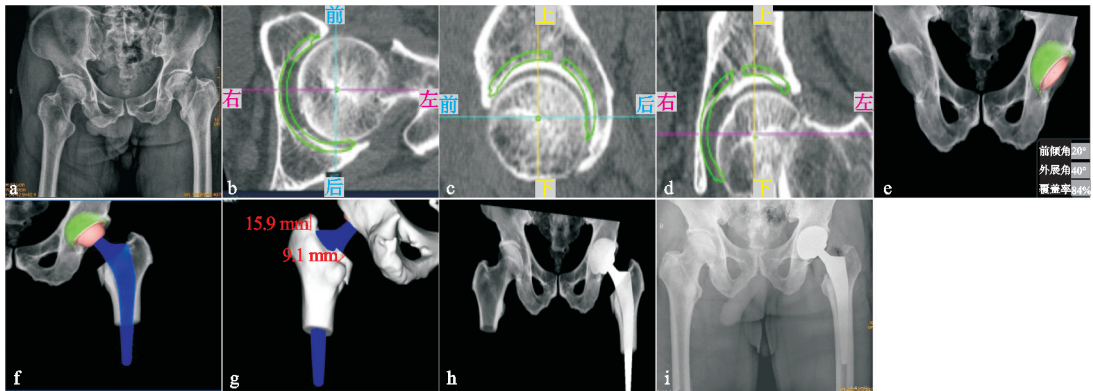
指标	AIHIP 准确组( $n=64$ )	AIHIP 不准确组( $n=20$ )	$F$	$P$
年龄/岁	57.66±4.29	65.20±9.09	26.050	<0.001
性别(男/女)/例	30/34	8/12	0.285	0.595
诊断	股骨头缺血性坏死/例	0	4.180	0.044
	髋关节骨性关节炎/例	3		
	髋关节发育不良/例	15		
	老年股骨颈骨折/例	2		
体重指数/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	24.79±2.51	25.45±2.71	1.007	0.318

AIHIP 组患者和二维模板组患者典型病例见图 1-图 6。



(a) 术前正位X线片;(b) 骨盆三维重建;(c) 建模测量参数;(d)~(g) 髋臼杯二维与三维视图;(h) 股骨柄三维视图;(i) 尖肩距参数、股骨颈截骨位置参数;(j) 术后正位X线片效果模拟;(k) 实际术后正位X线片

图 1 AIHIP 组病例 1,男,61 岁,股骨头缺血性坏死



(a) 术前正位X线片;(b)~(e) 髋臼杯二维与三维视图;(f) 股骨柄三维视图;(g) 尖肩距参数、股骨颈截骨位置参数;(h) 术后正位X线片效果模拟;(i) 实际术后正位X线片

图 2 AIHIP 组病例 2,男,股骨颈骨折

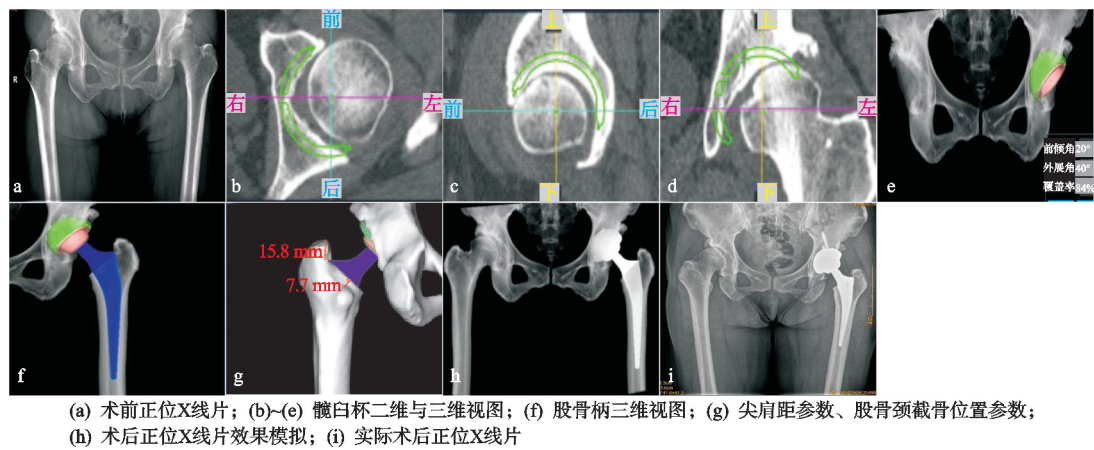


图3 AIHIP 组病例 3,女,髋关节发育不良



图4 二维模板组病例 1,男,股骨颈骨折

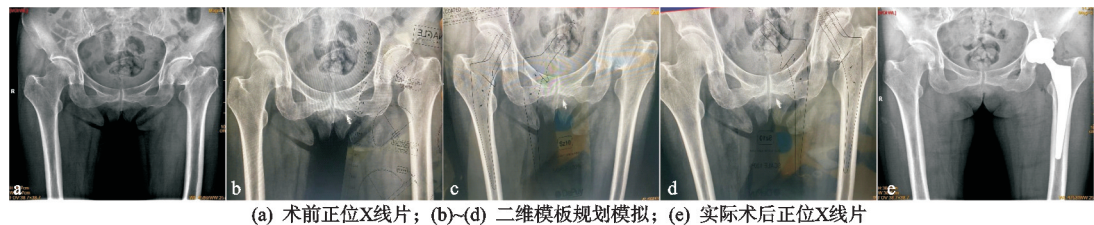


图5 二维模板组病例 2,女,股骨颈骨折

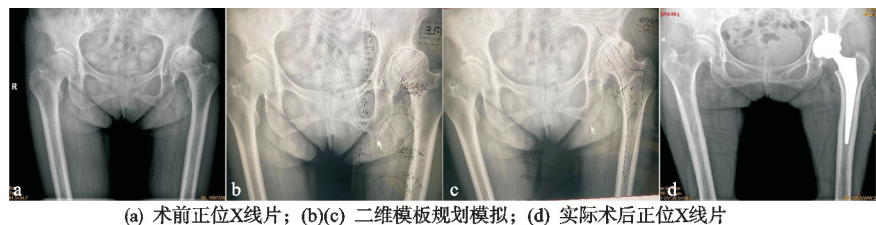


图6 二维模板组病例 3,女,髋关节发育不良

3 讨论

3.1 人工智能三维规划系统的应用疗效

全髋关节置换术被广泛应用于治疗老年股骨颈骨折、晚期髋关节疾病,可有效解决髋关节疼痛和提高髋关节功能,被称为二十世纪最成熟、最成功的外科手术。术前全面评估疾病、髋关节解剖结构和准确详细规划手术操作、假体型号等对提高全髋关节置换术手术的效率、准确性、安全性至关重要,有助于减少患者术后疼痛、肢体长度不一致、脱位、假体磨损松动等并发症<sup>[2,9]</sup>。

目前临床上全髋关节置换术前规划应用最为广泛的是X线片二维模板测量法,具有辐射剂量小、价格低廉、操作相对简便等优点,但无法准确评估髋臼前后径、髋臼及股骨前倾角等解剖信息,同时测量容易受到拍摄角度限制、拍摄体位不当、放大比例不准确、测量者经验不足等多因素影响<sup>[10-11]</sup>,导致术前规划和术中

实际存在较大偏差,直接影响全髋关节置换术后疗效及增加术后并发症可能。闵美鹏等<sup>[12]</sup>研究结果显示二维模板术前规划股骨柄假体大小的准确率为53%,髋臼杯假体大小的准确率为57%。Dammerer等<sup>[13]</sup>研究结果显示二维模板术前规划股骨柄假体±0号和±1号准确率分别为52%和90%,髋臼杯假体±0号和±1号准确率分别为51%和85%。

目前术中导航系统和医用机器人辅助虽然可以进行准确率较高的术前规划,但有学习曲线较长、消耗时间长、成本高等劣势,因此并未成为一种十分理想的常规应用方法<sup>[14]</sup>。近年来人工智能技术发展迅速,人工智能三维规划系统应用逐渐增多,人工智能三维规划系统以髋关节CT三维重建扫描数据为基础,实现髋关节神经网络分割,首先智能分割髋臼和股骨,识别股骨、髋臼的解剖部位、形态及骨缺损情况;其次智能规划旋转中心,匹配最佳髋臼杯和股骨柄假体尺寸、位



置,获取股骨颈截骨高度等参数;最后模拟术后正位 X 线片效果<sup>[10,15]</sup>,大大提升手术准确性和成功率,降低术后并发症风险。人工智能三维规划系统智能规划无需手动分割、规划,整个过程仅需 5~10 min<sup>[6,15]</sup>,本研究术前规划时间为 $(5.48 \pm 1.55)$  min,与二维模板规划无明显差异,都可以快速完成规划,提高临床效率。Sariali 等<sup>[16]</sup>研究随访 154 例直接前路入路应用人工智能三维规划系统患者,平均随访 5 年,髋臼杯和股骨柄假体尺寸规划正确率分别为 97% 和 96%,95% 的患者术后双下肢长度差值均小于 5 mm,所有患者均取得了良好的临床效果,并发症发生率极低,获得更高的满意度。吴东等<sup>[4]</sup>研究结果显示人工智能三维规划系统组髋臼杯和股骨柄假体准确率分别为 90.0% 和 83.3%,可以降低双侧联合偏心距差值从而更好地恢复下肢功能。Yang 等<sup>[7]</sup>研究结果显示人工智能三维规划系统组髋臼杯和股骨柄假体尺寸规划准确率显著提高, $\pm 0$  号和  $\pm 1$  号的准确率分别为 76.8% 和 90.5%,79.5% 和 95.5%。本研究结果显示人工智能三维规划系统规划的股骨柄假体完全准确率达 88%,髋臼杯假体完全准确率为 92%,明显优于二维模板规划,可以进一步提高术前规划准确率;另外,人工智能三维规划系统规划的术后双侧联合偏心距差值、双下肢长度差值、末次随访 Harris 评分均明显优于二维模板规划,有助于更好地恢复患者下肢功能,降低术后不满意率,获得更好的疗效。

### 3.2 人工智能三维规划系统应用准确性的影响因素

此外本研究也对可能影响人工智能三维规划系统应用准确性的潜在因素进行分析,包括年龄、性别、诊断、体重指数、股骨 Dorr 分类等。

1) 年龄:张凯等<sup>[17]</sup>研究结果表明年龄对人工智能三维规划系统规划股骨柄假体大小准确率无影响。Anwar 等<sup>[18]</sup>前瞻性研究 117 例非骨水泥型初级全髋关节置换术患者,比较人工智能三维规划系统规划和二维模板规划股骨柄假体及髋臼杯假体的准确性,结果显示二维模板规划预测结果随着患者年龄的增长失败风险增加,考虑可能与老年人骨量低、骨质疏松有关,但未得到进一步研究和证实,而人工智能三维规划系统规划不受年龄影响。本研究人工智能三维规划系统规划预测股骨柄假体及髋臼杯假体的准确性受年龄影响,老年患者准确率相对较低,考虑与老年全髋关节置换术患者常合并骨质疏松但很少得到有效治疗有关,术中往往容易被迫增加假体大小来保证股骨柄假体及髋臼杯假体的初始稳定性,但结果也需进一步证实。

2) 性别:Xie 等<sup>[19]</sup>回顾性分析 103 例发育性髋关节发育不良全髋关节置换术患者资料,结果显示人工

智能三维规划系统规划的准确率不受性别、侧别或体重指数的影响。Huo 等<sup>[15]</sup>和张凯等<sup>[17]</sup>研究结果也都认为性别并不影响人工智能三维规划系统规划预测股骨柄假体、髋臼杯假体的准确性。本研究结果同样显示人工智能三维规划系统规划预测女性和男性股骨柄假体及髋臼杯假体的准确性差异无统计学意义。然而 Damerer 等<sup>[13]</sup>回顾性分析了 620 例非骨水泥型初级全髋关节置换术模板的准确率,结果认为女性患者准确率可以达到更高水平。因此,性别是否对人工智能三维规划系统规划的准确率造成影响尚无统一结论,本研究和其他多数研究显示不影响。

3) 诊断:容向宾等<sup>[20]</sup>研究指出老年股骨颈骨折患者比非创伤性晚期髋关节疾病患者人工智能三维规划系统规划准确率更高,与非创伤性晚期髋关节疾病患者髋关节结构形态变异更明显有关。Huo 等<sup>[15]</sup>研究报道人工智能三维规划系统规划在非髋关节发育不良患者中具有明显优势,髋关节发育不良患者由于髋臼形状改变、股骨髓腔狭小、股骨前倾角变大等解剖结构变异更为复杂。对于髋关节发育不良 Crowe II 型、III 型患者,全髋关节置换术中髋臼杯内移、上移位置并没有统一的标准,这种缺乏一致性及术中常增深髋臼底来增加骨接触等对术前规划准确率产生影响<sup>[21]</sup>。张凯等<sup>[17]</sup>研究也指出人工智能三维规划系统对髋关节发育不良患者规划需要进一步优化,特别是 Crowe III 型、IV 型患者,需要医者根据规划反馈不断改进学习,进而提高规划准确率。本研究结果显示诊断不影响人工智能三维规划系统规划预测股骨柄假体的准确性,但影响髋臼杯假体的准确性。对于老年股骨颈骨折、髋关节骨性关节炎、股骨头缺血性坏死,人工智能三维规划系统规划准确率更高,而对于髋关节发育不良患者中 Crowe II 型、III 型较多,髋臼杯假体规划准确率相对较低,考虑术中操作难以精准实施术前规划有关,未来可考虑通过人工智能三维规划系统规划联合术中机器人导航辅助进一步提高手术精准度。

4) 体重指数:Holzer 等<sup>[22]</sup>回顾性研究 632 例非骨水泥型初级全髋关节置换术,结果显示体重指数对预测股骨柄假体大小有影响,在超重患者中规划明显比正常体重的人更不准确,而对于髋臼杯假体准确性并不影响。张凯等<sup>[17]</sup>研究结果表明体重指数对人工智能三维规划系统规划股骨柄假体大小准确率无明显影响。Huo 等<sup>[15]</sup>研究分析了 59 例人工智能三维规划系统规划非骨水泥型初级全髋关节置换术,指出体重指数和性别并没有影响人工智能三维规划系统规划预测股骨柄假体及髋臼杯假体的准确性。本研究结果也显示体重指数并没有对人工智能三维规划系统规划预测髋臼杯假体和股骨柄假体大小准确率造成影响。

5) 股骨 Dorr 分类: Lim 等<sup>[23]</sup> 研究指出股骨 Dorr A 型患者术后患肢延长风险增加, 股骨 Dorr C 型延长风险减少, 术后患肢长度变化具体取决于患者的股骨近端形状和骨骼质量。Mavcic 等<sup>[24]</sup> 研究认为股骨 Dorr A 型增加患者全髋关节置换术患肢延长风险, 干骺端固定型股骨柄中假体尤其明显。Sariali 等<sup>[25]</sup> 研究认为最终的股骨柄假体大小是股骨近端髓腔解剖结构和骨密度之间的折衷。张凯等<sup>[17]</sup> 研究指出股骨 Dorr A 型和 C 型并非影响人工智能三维规划系统规划股骨柄假体准确率的独立危险因素, 而兼顾髓腔宽度和骨质硬度的股骨 Dorr B 型准确率更高。本研究结果也显示股骨 Dorr B 型准确率较 Dorr A 型和 C 型更高。

综上所述, 人工智能三维规划系统规划辅助全髋关节置换术较二维模板规划可以进一步提高术前规划假体准确率, 有助于手术更精准化, 更好地恢复下肢长度和功能, 值得进一步推广应用。性别、体重指数可能不影响人工智能三维规划系统应用的准确性, 但年龄、诊断、股骨 Dorr 分类可能有影响。

本研究也存在一定局限性: 1) AIHIP 组患者均需进行髋关节 CT 三维重建扫描, 相较二维模板规划会增加辐射剂量及相应的费用; 2) 未测量评估骨密度, 对于合并重度骨质疏松全髋关节置换术患者术前规划准确性容易受影响; 3) 未涉及截骨高度、前倾角、外展角等相关参数; 4) 仅使用强生公司 Corail 股骨柄假体及 Pinnacle 髋臼杯假体, 未来将尽可能选择更多类型假体进行研究。

## 参考文献

- [1] MEERMANS G, GRAMMATOPOULOS G, INNEMANN M, et al. Cup placement in primary total hip arthroplasty: how to get it right without navigation or robotics[J]. EFORT Open Rev, 2022, 7(6): 365-374.
- [2] GÓMEZ L F U, GAITÁN-LEE H, DUARTE M A, et al. Precision and accuracy of pre-surgical planning of non-cemented total hip replacement with calibrated digital images and acetates[J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 431.
- [3] OLMEDO-GARCIA N I, MARTÍNEZ VERGARA J L, APARICI MIRALLES T L, et al. Assessment of magnification of digital radiographs in total HIP arthroplasty[J]. J Orthop, 2018, 15(4): 931-934.
- [4] 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.
- [5] 夏天卫, 刘星宇, 刘金桂, 等. 人工智能术前规划系统辅助人工全髋关节置换术治疗成人 Crowe IV 型先天性髋关节发育不良的疗效研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35(10): 1265-1272.
- [6] CHEN X, LIU X, WANG Y, et al. Development and validation of an artificial intelligence preoperative planning system for total hip arthroplasty[J]. Front Med (Lanshan), 2022, 9: 841202.
- [7] YANG W, GAO T, LIU X, et al. Clinical application of artificial intelligence-assisted three-dimensional planning in direct anterior approach hip arthroplasty[J]. Int Orthop, 2024, 48(3): 773-783.
- [8] 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.
- [9] ROWAN F E, BENJAMIN B, PIETRAK J R, et al. Prevention of dislocation after total hip arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2018, 33(5): 1316-1324.
- [10] REINBACHER P, SMOLLE M A, 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.
- [11] KRISTOFFERSSON E, OTTEN V, CRNALIC S. The accuracy of digital templating in cementless total hip arthroplasty in dysplastic hips[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 942.
- [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] DAMMERER D, KEILER A, HERRNEGGER S, et al. Accuracy of digital templating of uncemented total hip arthroplasty at a certified arthroplasty center: a retrospective comparative study[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2022, 142(10): 2471-2480.
- [14] TANINO H, NISHIDA Y, MITSUTAKE R, et al. Accuracy of a portable accelerometer-based navigation system for cup placement and intraoperative leg length measurement in total hip arthroplasty: a cross-sectional study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 299.
- [15] 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.
- [16] SARIALI E, CATONNE Y, PASCAL-MOUSSELLARD H. Three-dimensional planning-guided total hip arthroplasty through a minimally invasive direct anterior approach: clinical outcomes at five years' follow-up[J]. Int Orthop, 2017, 41(4): 699-705.
- [17] 张凯, 郭卓涛, 马桥桥, 等. 人工智能三维规划系统在全髋关节置换中的准确性及其影响因素[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(12): 1863-1868.
- [18] ANWAR A, ZHANG Y, ZHANG Z, et al. Artificial intelligence technology improves the accuracy of preoperative planning in primary total hip arthroplasty[J]. Asian J

Surg, 2024, 47(7):2999-3006.

- [19] XIE H, YI J, HUANG Y, et al. Application and evaluation of artificial intelligence 3D preoperative planning software in developmental dysplasia of the hip[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1):176.
- [20] 容向宾, 曾平, 刘金富, 等. 基于 CT 数据的人工智能辅助术前规划在全髋关节置换术中的应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2024, 39(6):571-578.
- [21] ZHAO X, ZHU Z A, ZHAO J, et al. The utility of digital templating in total hip arthroplasty with Crowe type II and III dysplastic hips[J]. Int Orthop, 2011, 35(5):631-638.
- [22] HOLZER L A, 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.

- [23] LIM Y W, HUDDLESTON J I 3rd, GOODMAN S B, et al. Proximal femoral shape changes the risk of a leg length discrepancy after primary total hip arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2018, 33(12):3699-3703.
- [24] MAVCIC B, ANTOLIC V. Cementless femoral stem fixation and leg-length discrepancy after total hip arthroplasty in different proximal femoral morphological types[J]. Int Orthop, 2021, 45(4):891-896.
- [25] SARIALI E, MAUPRIVEZ R, KHIAMI F, et al. Accuracy of the preoperative planning for cementless total hip arthroplasty: a randomised comparison between three-dimensional computerised planning and conventional templating[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2012, 98(2):151-158.

(收稿日期:2024-11-08)

(上接第 60 页)

- [17] 孙亚男, 何丽云, 雒琳, 等. 中医药治疗慢性乙型肝炎临床试验的核心结局指标集研究[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(9):4684-4688.
- [18] 谢倩文, 肖晶旻, 邓雪仪, 等. 建立中医药治疗缺血性卒中核心结局指标集的初步研究[J]. 中医杂志, 2022, 63(3):220-228.
- [19] 邱瑞瑾, 孙杨, 韩松洁, 等. 非瓣膜性房颤中医核心证候指标集的构建[J]. 中国循证医学杂志, 2021, 21(12):1480-1488.
- [20] FANG G, YU W, CHEN D, et al. Development of a core outcome set of clinical research on the integration of traditional

Chinese and Western medicine for spinal metastases: a study protocol[J]. BMJ Open, 2024, 14(9):e083315.

- [21] 陈江, 徐翠萍, 胡玉星, 等. 基于“阳化气, 阴成形”探析脊柱肿瘤的辨治[J]. 中国医学创新, 2024, 21(11):158-162.
- [22] 杨万全. 基于“癌毒-气血津液”病机理论辨治肺癌经验[J]. 湖南中医杂志, 2023, 39(12):48-50.
- [23] 张永健, 李红专, 史恒蔚, 等. 从虚痰瘀毒论治恶性骨肿瘤[J]. 中医研究, 2022, 35(7):5-8.
- [24] 尹萌辰, 王洪伸, 孙正望, 等. 骨肉瘤中医证候要素诊断量表的构建[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(10):5938-5942.

(收稿日期:2024-12-11)