

· 临床论著 ·

初次全髋关节置换术前数字虚拟手术的意义[△]

吴健, 江建平, 冯孝志, 张昌奕, 焦庆丰, 丁文斌*

(铜陵市立医院骨科, 安徽铜陵 244000)

摘要: [目的] 评价初次全髋置换 (total hip arthroplasty, THA) 术前数字影像虚拟的临床意义。[方法] 2017年8月—2021年6月在本院行初次 THA 患者 60 例纳入本研究。依据医患沟通结果, 30 例采用术前虚拟 THA, 30 例采用常规 THA。比较两组围手术期、随访和影像学指标。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 无严重并发症。虚拟组手术时间 [(97.3±20.5) min vs (131.2±19.3) min, $P<0.05$]、术中失血量 [(245.2±20.4) ml vs (322.1±25.6) ml, $P<0.05$]、下地行走时间 [(5.2±4.4) d vs (9.2±3.7) d, $P<0.05$] 均显著优于常规组。两组随访时间平均 (14.2±3.6) 个月, 虚拟组恢复完全负重活动时间显著早于常规组 [(10.3±2.2) 周 vs (14.2±4.2) 周, $P<0.05$]。随时间推移, 两组患者 Harris 评分、髋关节伸屈 ROM 均显著增加 ($P<0.05$), VAS 评分显著减少 ($P<0.05$)。末次随访时, 虚拟组在 Harris 评分 [(93.2±10.9) vs (81.2±8.5), $P<0.05$]、髋伸-屈 ROM [(84.5±11.2)° vs (71.6±11.4)°, $P<0.05$] 显著优于常规组。影像方面, 虚拟组术后髋臼假体外翻角 [(45.6±3.6)° vs (40.1±3.3)°, $P<0.05$] 和前倾角 [(14.1±2.5)° vs (10.1±2.1)°, $P<0.05$] 均显著优于常规组。此外, 术后虚拟组纵向 HCOR [(2.2±1.7) mm vs (5.2±3.1) mm, $P<0.05$] 和横向 HCOR [(3.3±1.6) mm vs (4.9±3.1) mm, $P<0.05$] 显著优于常规组 ($P<0.05$), 但 LLD 的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。此外, 虚拟组股骨柄假体位置 [中置/偏置, (28/2) vs (21/9), $P<0.05$] 及大小 [适当/偏小, (29/1) vs (23/7), $P<0.05$] 显著优于常规组。[结论] 术前数字影像虚拟规划可减少全髋关节置换手术创伤, 有效提高假体匹配的准确性, 促进患者术后早期髋关节功能恢复。

关键词: 全髋关节置换, 术前规划, 数字影像虚拟, 临床结果

中图分类号: R687.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 19-1742-06

Significance of digital virtual planning before primary total hip replacement // WU Jian, JIANG Jian-ping, FENG Xiao-zhi, ZHANG Chang-yi, JIAO Qing-feng, DING Wen-bin. Department of Orthopedics, Tongling Municipal Hospital, Tongling 244000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical significance of digital virtual planning (DVP) before primary total hip arthroplasty (THA). [Methods] A total of 60 patients who were undergoing primary THA in our hospital from August 2017 to June 2021 were included in this study. According to the doctor-patient communication, 30 patients received the DVP THA, while the remaining 30 patients received conventional THA. The perioperative period, follow-up and imaging data were compared between the two groups. [Results] All patients in both groups had THA performed successfully with no serious complications. The DVP group proved significantly superior to the conventional group in terms of operative time [(97.3±20.5) min vs (131.2±19.3) min, $P<0.05$], intraoperative blood loss [(245.2±20.4) ml vs (322.1±25.6) ml, $P<0.05$] and postoperative ambulation [(5.2±4.4) days vs (9.2±3.7) days, $P<0.05$]. All of them were followed up for (14.2±3.6) months on a mean, the DVP group resumed full weight-bearing activities significantly earlier than the conventional group [(10.3±2.2) weeks vs (14.2±4.2) weeks, $P<0.05$]. The Harris score and hip flexion-extension range of motion (ROM) significantly increased ($P<0.05$), while the VAS score significantly decreased in both groups over time ($P<0.05$). The DVP group proved significantly better than the conventional group at the latest follow-up in terms of Harris score [(93.2±10.9) vs (81.2±8.5), $P<0.05$] and hip ROM [(84.5±11.2)° vs (71.6±11.4)°, $P<0.05$]. Radiographically, the DVP group got significantly more proper postoperative acetabular abduction [(45.6±3.6)° vs (40.1±3.3)°, $P<0.05$] and anteversion of the acetabular component [(14.1±2.5)° vs (10.1±2.1)°, $P<0.05$], with significantly less deviations of hip center of rotation (HCOR) longitudinally [(2.2±1.7) mm vs (5.2±3.1) mm, $P<0.05$] and transversely [(3.3±1.6) mm vs (4.9±3.1) mm, $P<0.05$] than the conventional group. In addition, the DVP group gained significantly accurate femoral component in position [medium/displaced, (28/2) vs (21/9), $P<0.05$] and size [appropriate/small, (29/1) vs (23/7), $P<0.05$] than the conventional group, despite that there was no statistical significance in leg-length discrepancy (LLD) between the two groups ($P>0.05$). [Conclusion] Preoperative digital image virtual planning does reduce the trau-

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.03

△基金项目:2021年铜陵市卫生健康委科研项目(编号:09)

作者简介:吴健,副主任医师,研究方向:关节、创伤,(电话)13856262688,(电子信箱)117914250@qq.com

*通信作者:丁文斌,(电话)13665531153,(电子信箱)784686456@qq.com

ma of THA, effectively improve the accuracy of prosthesis matching, and promote the early hip functional recovery.

Key words: total hip arthroplasty, preoperative planning, digital imaging virtual planning, clinical results

全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 治疗老年股骨颈骨折、髋关节骨性关节炎及股骨头坏死, 可有效改善患者功能, 早期下地, 减少卧床并发症。目前研究认为 THA 的术后使用年限为 10~15 年, 由于安置位置不佳、机械性磨损、感染等因素影响其使用寿命^[1], 进而引起假体脱位、松动、撞击, 需要进一步翻修治疗, 其中手术安置准确性对术者要求较高^[2]。三维 CT 结合人工数字化模拟, 可快速准确识别解剖标记点, 制定所需假体型号, 以此来提高术前规划准确性和减少手术并发症。笔者选取安徽铜陵市立医院 2017 年 8 月—2021 年 6 月 60 例行全髋关节初次置换手术的患者, 术前三维 CT 结合计算机辅助模拟技术, 设定术前相关安置参数, 并模拟术后髋关节活动度, 指导手术中假体的选择及安置角度, 对其准确性及可行性进行总结分析。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 初次单侧全髋关节置换者, 患侧髋臼与股骨髓腔的形态与正常侧形态基本相同, 包括股骨头缺血坏死 III、IV 期, 髋关节骨性关节炎, 股骨颈骨折需行关节置换者; (2) 获得至少 12 个月有效随访者。

排除标准: (1) 骨盆旋转倾斜、二次关节翻修、对侧髋关节已行内固定、发育异常或已行关节置换手术、下肢力线不正常内外翻畸形患者; (2) 基础疾病多, 不耐受手术者; (3) 随访丢失的患者。

1.2 一般资料

回顾性分析 2017 年 8 月—2021 年 6 月在本科行全髋关节初次置换手术的患者临床资料。共 60 例符合上述标准, 纳入本研究。依据医患沟通结果, 30 例采用术前虚拟 THA, 30 例采用常规 THA。两组患者术前一般资料见表 1, 两组年龄、性别、BMI、初次手术时间、侧别、病因的差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 本研究获得医院伦理委员会批准, 所有患者均知情同意。

1.3 手术方法

虚拟组: 术前 X 线片和 CT 三维重建检查 (图 1a), 在冠状面、矢状面测量健侧髋臼前倾角、外展角等参数 (图 1b), 同时记录股骨颈小转子截骨点与股骨头旋转中心距离, 大转子顶点与股骨头旋转中心

距离的数值^[3]。将 CT 薄层图像参数传输至工作站 (Extend Brilliance TM Workspace, PHILIPS) 处理, 得到骨盆髋关节的完整三维模型; 根据术前影像学测量假体的臼杯直径、内衬直径、股骨头及股骨柄大小型号进行三维扫描, 得到 STL 数据, 应用 Mimics 医学数据处理软件进行导入数据, 并以此软件进行手术模拟 (图 1c, 1d)^[4]。采用改良的髋关节后外侧 Gibson 入路^[5], 长 8~10 cm, 逐层切开分离, 显露股骨头、股骨颈及髋臼缘。依据术前 Mimics 软件模拟的假体柄大小型号及规划的股骨颈截骨线进行截骨, 取出股骨头及截骨块。依据术前 Mimics 软件模拟的髋臼杯假体大小型号、臼杯位置及模拟的髋臼前倾角, 外翻角进行打磨, 先用小号锉挫出臼底。再根据术前计算机辅助设计拟定的臼杯型号直接用同型号髋臼锉控制好深度和方向磨挫至软骨下骨, 按术前规划角度压配方式安装臼杯及髋臼内衬, 按照术前设计股骨侧的前倾角, 从小到大用髓腔锉挫磨至术前模拟的假体柄大小型号, 维持上述前倾角度安装拟定型号的假体柄。复位髋关节。逐层闭合切口。

表 1 两组患者治疗期资料比较

指标	虚拟组 (n=30)	常规组 (n=30)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	70.3±14.6	68.2±11.2	0.722
性别 (例, 男/女)	14/16	18/12	0.791
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	22.3±2.1	23.1±3.5	0.805
初次术后时间 (月, $\bar{x} \pm s$)	21.3±11.7	24.4±11.8	0.526
侧别 (例, 左/右)	11/19	17/13	0.423
原因 (例, FHN/FNF/HA)	6/19/5	10/16/4	0.322

注: FHN, femoral head necrosis, 股骨头坏死; FNF, femoral neck fracture, 股骨颈骨折; HA, hip arthritis, 髋关节炎。

常规组: 行髋外侧切口, 显露髋关节, 保留股骨距约 1.2 cm 行股骨颈截骨。显露髋臼, 以前倾 15°~20°, 外翻 40°~45°从逐级增加髋臼锉型号磨挫髋臼, 打入合适的髋臼杯和内衬。股骨髓腔扩髓挫磨后放入股骨假体, 复位髋关节。逐层闭合切口。

1.4 评价指标

记录围手术期资料。采用 Harris 评分、VAS 视觉评分、髋屈-伸活动度 (range of motion, ROM) 评价临床效果^[6]。行影像检查, 记录髋臼假体外翻角、前倾角, 髋臼旋转中心 (hip center of rotation, HCOR) 纵横差距值, 肢体长度差 (leg length dis-

crepancy, LLD), 股骨柄假体位置准确数量。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 15.0 软件进行数据统计分析, 计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 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。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验, 组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期资料

两组患者均顺利完成手术, 术中无神经、血管损伤等严重并发症。两组围手术期资料见表 2。虚拟组手术时间、术中失血量及下地行走时间均显著优于常规组 ($P < 0.05$), 两组切口长度、切口愈合情况及住院时间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 随访结果

两组随访时间 12~17 个月, 平均 (14.2±3.6) 个月。随访期间内无死亡及随访丢失, 随访周期内

未见假体松动、软组织感染, 虚拟组 1 例患者出院后家中跌倒造成假体周围骨折, 股骨柄假体切割致股骨干骨折, 再次入院内固定治疗, 常规组 1 例患者出院后出现关节脱位, 予以入院手法复位, 随访未再次脱位。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	虚拟组 (n=30)	常规组 (n=30)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	97.3±20.5	131.2±19.3	0.002
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	10.1±2.2	12.2±3.2	0.078
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	245.2±20.4	322.1±25.6	<0.001
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	5.2±4.4	9.2±3.7	0.038
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	29/1/0	30/0/0	0.854
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	14.2±4.6	15.5±5.2	0.221

两组随访结果见表 3, 虚拟组完全负重活动时间显著早于常规组 ($P < 0.05$)。与术后 1 个月相比, 术后 6 个月及末次随访时, 两组 Harris 评分、髋关节伸屈 ROM 均显著增加 ($P < 0.05$), 而 VAS 评分显著减少 ($P < 0.05$)。术后 1、6 个月及末次随访虚拟组 Harris 评分、伸屈 ROM 和 VAS 评分均优于常规组, 除术后 1 个月两组间 ROM 和末次随访时 VAS 评分差异无统计学意义 ($P < 0.05$), 其他时间点两组间各指标差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	时间点	虚拟组 (n=30)	常规组 (n=30)	P 值
完全负重活动时间 (周)		10.3±2.2	14.2±4.2	0.015
Harris 评分 (分)	术后 1 个月	72.3±11.2	50.5±11.6	<0.001
	术后 6 个月	84.2±8.3	76.6±7.2	0.023
	末次随访	93.2±10.9	81.2±8.5	0.017
	P 值	<0.001	<0.001	
伸屈 ROM (°)	术后 1 个月	55.4±10.6	49.2±8.5	0.137
	术后 6 个月	70.4±13.6	58.3±9.6	0.017
	末次随访	84.5±11.2	71.6±11.4	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
VAS 评分 (分)	术后 1 个月	4.2±1.2	6.1±1.5	0.024
	术后 6 个月	2.2±1.2	3.5±2.4	0.023
	末次随访	0.8±0.2	1.3±0.3	0.125
	P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

两组影像测量结果见表 4, 虚拟组术后髋臼假体前倾角、外翻角均显著优于常规组 ($P < 0.05$)。与术前相比, 两组术后纵向及横向 HCOR 和 LLD 均显著改善 ($P < 0.05$)。两组术前纵向及横向 HCOR 和 LLD

的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 术后虚拟组纵向及横向 HCOR 均显著优于常规组 ($P < 0.05$), 但 LLD 的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。虚拟组股骨柄假体安置居中及大小匹配情况显著优于常规组 ($P < 0.05$)。虚拟组术后影像见图 1e, 1f。

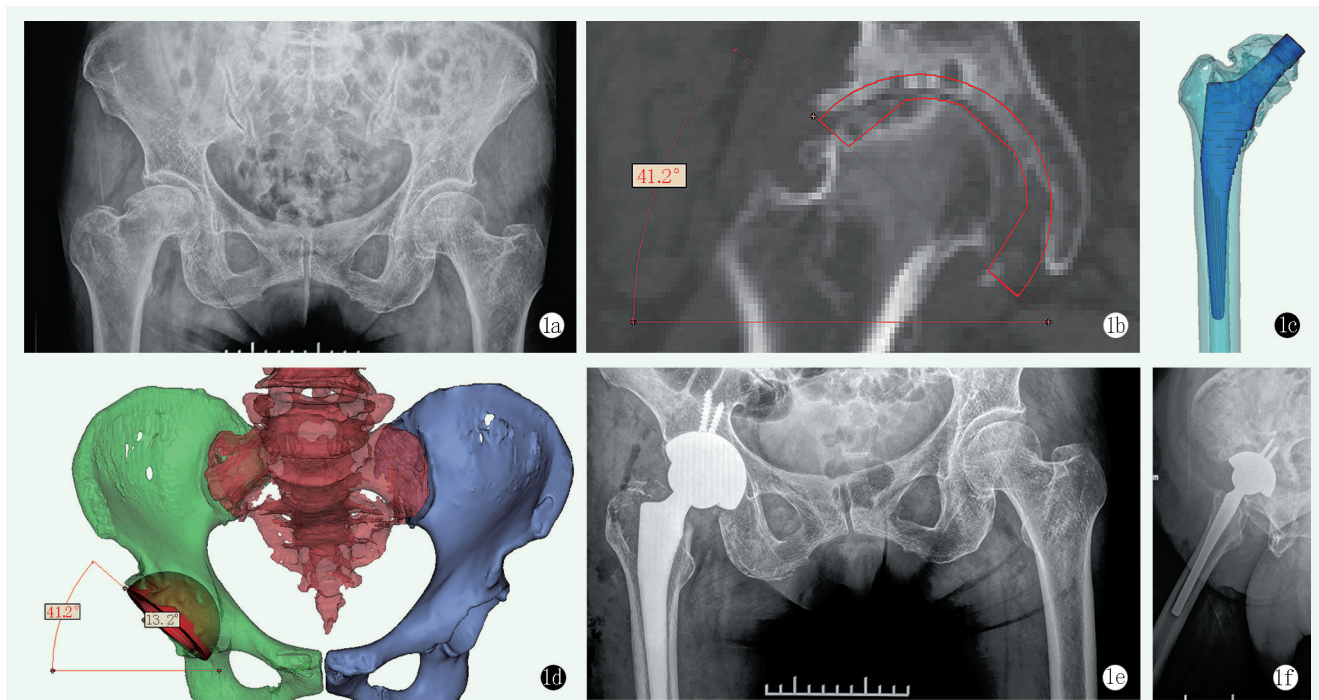


图 1 患者,男,64 岁,右股骨头无菌性坏死,术前虚拟 THA。1a: 术前 X 线片示右股骨头坏死,软骨下骨增生硬化,股骨头塌陷变扁,关节间隙狭窄; 1b: 术前冠状位模拟测量假体匹配型号、磨锉深度; 1c: 三维 CT 数据模拟股骨柄假体型号; 1d: 术前虚拟规划髋臼假体外展及前倾角; 1e: 按术前虚拟设计选定合适各假体组件,进行 THA 操作,术后 1 周复查正位 X 线片示髋臼深度及股骨柄大小良好,外展及前倾角度满意; 1f: 术后侧位 X 线片示股骨柄居中,大小合适。

表 4 两组患者影像评估结果与比较

指标	时间点	虚拟组 (n=30)	常规组 (n=30)	P 值
术后髋臼假体外翻角 ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)		45.6 \pm 3.6	40.1 \pm 3.3	0.043
术后髋臼假体前倾角 ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)		14.1 \pm 2.5	10.1 \pm 2.1	0.023
HCOR (纵向, mm, $\bar{x} \pm s$)	术前	13.9 \pm 5.3	15.6 \pm 2.8	0.352
	术后	2.2 \pm 1.7	5.2 \pm 3.1	0.016
	P 值	<0.001	<0.001	
HCOR (横向, mm, $\bar{x} \pm s$)	术前	14.2 \pm 4.7	16.9 \pm 7.8	0.087
	术后	3.3 \pm 1.6	4.9 \pm 3.1	0.025
	P 值	<0.001	<0.001	
LLD (mm, $\bar{x} \pm s$)	术前	-23.2 \pm 5.3	-25.3 \pm 7.2	0.316
	术后	-4.5 \pm 2.4	-11.5 \pm 4.2	0.117
	P 值	<0.001	<0.001	
术后股骨柄位置 (例, 中置/偏置)		28/2	21/9	0.021
术后股骨柄大小 (例, 适当/偏小)		29/1	23/7	0.024

3 讨论

单纯 X 线片及常规 CT 误差存在以下几个原因:

- (1) X 线片对于髋臼壁的磨锉深度无法准确预估;
- (2) X 线片的放大倍数误差, 比例标尺不准确^[7];
- (3) 投射角度引起髓腔直径、小转子位置等, 无法准确判断假体型号、截骨高度;
- (4) 单纯 CT 平扫或三

维重建不能准确预估假体型号, 以及假体匹配后的安置效果。

在全髋关节置换手术中, 强调髋臼的外展和前倾角的准确性, 主要是因其二者决定髋臼对股骨头的覆盖程度^[8]。外展角为两侧泪滴连线与髋臼长轴的夹角, 外展大则对股骨头覆盖范围减少, 影响关节的稳定性, 同时也增加脱位的风险, 造成假体磨损、松动等情况, 而外展角过小, 在相同的前倾角条件下造成

髋关节外展和前屈的力臂减少,外展和前屈活动范围受限。单纯采用X片或者CT二维平扫进行术前规划测量,因放大倍数或投射角度差异,术前预估的假体匹配以及术前规划常不准确,导致术中反复操作、手术时间延长或手术效果不理想,后期存在并发症等情况。

前倾角反应髋臼前倾的程度,影响髋关节屈曲时的稳定性和股骨头屈曲后方覆盖情况,比如前方入路时前倾角过大可造成前脱位风险增加,但前倾也受骨盆倾斜角度影响。Archbold等^[9]研究术中可利用髋臼横韧带作为解剖标记和参考点,进行髋臼定位磨臼,但Epstein^[10]认为约有53%的髋臼横韧带发生了变异或难以被识别,认为以髋臼横韧带作为参考标记有一定局限性。目前对于髋臼外展及前倾角的安全范围研究并不一致,既往研究的出髋臼安全范围为前倾 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$,外展角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$,此范围内假体脱位率1.6%左右。但Hevesi^[11]分析8081例全髋关节置换患者手术认为最理想的安全区为前倾 $18^{\circ}\sim 38^{\circ}$,外展 $27^{\circ}\sim 47^{\circ}$,比预期更大的前倾角可以降低脱位风险。此外,手术入路和患者性别都对安全区范围有明确影响。Tezuka^[12]认为预测臼杯角度位于功能安全区之外的因素是股骨活动度,而不能单纯依赖臼杯的外展角和前倾角。通过改变头部尺寸为36mm,能显著降低脱位,当使用大头时,能降低安全范围髋臼定位错误所导致的脱位率^[13]。

考虑患者个体差异,通过IntelliSpace Portal的三维建模应用程序进行运动单元分析^[14],结合健侧髋臼指数评价,分析出全髋关节置换术后的假体发生脱位的最小活动范围和关节撞击的最大活动角度。髋臼外展角增大可使得屈伸及内旋范围加大,外旋改变不明显,前倾角增大对屈曲活动影响较大,同时也会引起外旋及伸直范围减少^[15]。但髋臼外展角超过 55° 或前倾角超过 22° 时,置换后的髋假体与骨性撞击的情况明显突出^[16],术前作者根据健侧模拟出患者的假体三维模拟图像,计算髋关节的相关参数,假体大小规格型号,以此为依据制定手术方案。术中以髋臼切迹为标记点,提前在髋臼上打入定位针,以此来大致确认髋臼的前倾角及外展角度,参照术前计算机模拟参数,调整假体的外展及前倾角度^[17]。

本研究显示,虚拟组的患者手术时间、出血量及下地行走时间均优于常规组,认为与正确的手术规划有关,减少术中不必要的反复操作,缩短手术创伤,并且术后虚拟组的前倾角、外翻角、股骨柄的假体匹配程度、HCOR、LLD优于常规组,后期虚拟组患者

可以早期下地,并且髋关节功能评分也得到改善,这与术前良好的髋臼磨挫深度范围、髋臼和假体型号选择的正确制定有直接关系。

Fujita^[18]报告7mm可能是一个合理的双下肢不等长阈值,控制双下肢长度差在阈值范围以内可以减少患者不适感。下肢不等长在1~2cm通过骨盆代偿肌张力改变临床症状可能不明显,但超过2cm则出现跛行髋部疼痛感,下肢不等长跛行容易导致股骨头髋臼负重内外偏倚,与新发的下腰疼痛有一定关系^[19,20]。股骨头旋转中心上下及内外偏倚均对髋关节活动范围及双侧下肢力线有影响,造成下肢不等长及跛行等情况,旋转中心上移时也会出现髋关节外展及外旋肌群无力^[21,22],而旋转中心下移则导致肌肉软组织张力增加,髋关节活动不适感,最重要的是旋转中心下移在术中假体安置容易出现假体头臼松动二次脱位的情况^[24,25]。

本研究运用三维髋关节模型,预判髋臼假体型号,模拟计算术后假体置换的图像,分析髋臼的活动范围及下肢不等长情况,对减少术中频繁手术操作、降低手术创伤有积极的作用。术前全面分析患者髋关节外展角、前倾角、双侧旋转中心的位置是否偏倚或发育异常,为假体的合适安放与匹配提供良好的术前模拟规划,提高假体适用感和髋关节功能,为THA精准和微创操作提供了数字化基础。

参考文献

- [1] Vendittoli PA, Shahin M, Rièrè 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): 1-7.
- [2] 许燕飞,常敏,郭英,等.三维影像处理技术在成人髋关节发育不良联合前倾角匹配中的应用研究[J].*中华创伤骨科杂志*, 2015, 4 (17): 588-593.
- [3] 蔡荣辉,李锐军. CT指导下全髋关节置换术对重建髋关节旋转中心及偏心距的作用[J].*广东医学*, 2016, 37 (8): 1173-1176.
- [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): 184-186.
- [5] 程文俊,王俊文,焦竞,等.3D打印钛合金小梁金属臼杯在初次全髋关节置换术应用的临床和影像学评估:5年临床随访[J].*中华创伤骨科杂志*, 2018, 20 (12): 1066-1071.
- [6] Lahy J, Stevens J, Mckenzie D, et al. The reliability of measuring acetabular component position on radiographs using everyday diagnostic imaging software [J]. *J Orthop Surg*, 2017, 25 (2): 1-5.
- [7] 韩宏德,蒋家正,桑龙.全髋关节置换术治疗融合髋合并股骨近端骨折[J].*中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (12): 1145-1147.
- [8] 卜聿凡,黄广鑫,赵畅.全髋关节置换术脊柱-骨盆-髋关节矢

- 状面关系 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (19) : 1769-1773.
- [9] Archbold HA, Mockford B, Molloy D, et al. The transverse acetabular ligament: an aid to orientation of the acetabular component during primary total hip replacement: a preliminary study of 1000 cases investigating postoperative stability [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2006, 88 (7) : 883-886.
- [10] Epstein NJ, Woolson ST, Giori NJ. Acetabular component positioning using the transverse acetabular ligament: can you find it and does it help [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469 (2) : 412-416.
- [11] Hevesi M, Wyles CC, Rouzrokh P, et al. Redefining the 3D topography of the acetabular safe zone: a multivariable study evaluating prosthetic hip stability [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2022, 104 (3) : 239-245.
- [12] Tezuka T, Heckmann ND, Bodner RJ, et al. Functional safe zone is superior to the Lewinnek safe zone for total hip arthroplasty: Why the Lewinnek safe zone is not always predictive of stability [J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34 (1) : 3-8.
- [13] 田润, 雷雨田, 王坤正, 等. 机器人辅助人工全髋关节置换术中及术后测量髋臼角度比较研究 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35 (10) : 1246-1250.
- [14] Erkan S, Mazhar T. Dislocation after total hip arthroplasty: does head size really matter [J]. *Orig Res Art*, 2019, 12 (22) : 1-8.
- [15] 张纪, 王兴山, 杨德金, 等. 机器人辅助直接上方入路人工全髋关节置换术的近期疗效 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35 (10) : 1240-1245.
- [16] 包良笑, 李婧, 张洋, 等. 294 例全髋关节置换术患者出院准备度现状及影响因素分析 [J]. 护理学报, 2021, 28 (17) : 59-63.
- [17] 翟吉良, 蔡思毅, 翁习生. 人工全髋关节置换术后脱位原因分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21 (1) : 58-60.
- [18] Fujita K, Kabata T, Kajino Y, et al. Optimizing leg length correction in total hip arthroplasty [J]. *Int Orthop*, 2020, 44 (3) : 437-443.
- [19] Luca M, Marco Q, Francesco O, et al. Capsular repair vs capsulectomy in total hip arthroplasty [J]. *Br Med Bull*, 2021, 139 (1) : 11-15.
- [20] 付君, 牛二龙, 倪明, 等. 生物型短柄与标准柄对全髋关节置换术股骨偏距影响 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (1) : 42-45.
- [21] Felix WA, Waibel K, Berndt A, et al. Symptomatic leg length discrepancy after total hip arthroplasty is associated with new onset of lower back pain [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107 (1) : 11-16.
- [22] 陈敏, 尚希福. 侧卧位直接前路全髋关节置换手术技术 [J]. 中华骨科杂志, 2021, 41 (6) : 398-404.
- [23] Hollie JL, Nicholas EO. Direct superior approach for total hip arthroplasty [J]. *Bone Joint J*, 2021, 103-B (3) : 500-506.
- [24] 张卓, 雷青, 陈松, 等. 全髋关节置换术后双下肢等长和外展偏心距的术中恢复方式 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (2) : 184-187.
- [25] Nana O, Matthew J, Akshay L, et al. Outcomes and survivorship after conversion of failed hip hemiarthroplasty to total hip arthroplasty [J]. *Hip Int*, 2021, 31 (3) : 388-392.

(收稿:2022-10-11 修回:2023-03-16)
(同行评议专家: 汤志辉, 丁磊)
(本文编辑: 郭秀婷)