

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.17.014
文章编号: 1005-8982 (2025) 17-0086-07

临床研究·论著

髋关节旋转中心位置对全髋关节置换术后 Crowe IV型DDH患者关节功能的影响*

李建强¹, 靳宇², 赵文献³

(1.唐山市人民医院 骨一科, 河北 唐山 063001; 2.唐山市人民医院 骨三科,
河北 唐山 063001; 3.唐山市中心医院 放射科, 河北 唐山 063004)

摘要: **目的** 探讨不同髋关节旋转中心位置对全髋关节置换术后 Crowe IV型发育性髋关节发育不良(DDH)患者关节功能恢复的影响。**方法** 选取2019年1月—2024年3月唐山市人民医院82例行全髋关节置换术的 Crowe IV型DDH患者为研究对象,根据术后标准骨盆正位片测量旋转中心垂直上移距离(ΔH),将患者分为3组: ΔH_1 组($\Delta H < 5$ mm, 34例), ΔH_2 组($5 \leq \Delta H < 10$ mm, 29例), ΔH_3 组($\Delta H \geq 10$ mm, 19例)。比较3组术前、术后3个月、术后6个月、术后12个月的Harris评分(HHS)、伯格平衡量表(BBS)评分、视觉模拟评分法(VAS)评分及Trendelenburg征阳性率;比较3组术后12个月患侧与健侧白杯前倾角、外展角、偏心距的差异,以及假体松动、脱位、髋腰肌撞击等不良事件的发生情况。**结果** 术前、术后3个月、术后6个月、术后12个月HHS、BBS、VAS评分比较,结果:①不同时间点的HHS、BBS、VAS评分比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);② ΔH_1 组、 ΔH_2 组和 ΔH_3 组的HHS、BBS、VAS评分比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);③3组的HHS评分变化趋势比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。3组术后3、6、12个月Trendelenburg征阳性率比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$); ΔH_3 组术后12个月Trendelenburg征阳性率均高于 ΔH_1 组和 ΔH_2 组,术后3个月、6个月Trendelenburg征阳性率均高于 ΔH_1 组($P < 0.05$)。3组术后12个月患者患侧与健侧白杯前倾角、白杯外展角、偏心距的差值比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$); ΔH_1 组患侧与健侧白杯前倾角的差值均小于 ΔH_2 组和 ΔH_3 组($P < 0.05$),白杯外展角和偏心距的差值均小于 ΔH_3 组($P < 0.05$); ΔH_2 组患侧与健侧白杯前倾角、白杯外展角、偏心距的差值均小于 ΔH_3 组($P < 0.05$)。 ΔH_3 组不良事件总发生率均高于 ΔH_1 组和 ΔH_2 组($P < 0.0125$)。**结论** 髋关节旋转中心位置的合理调整对Crowe IV型DDH患者的全髋关节置换术后关节功能恢复具有重要影响。适度调整旋转中心位置可显著提高术后髋关节功能,且安全性较高,上移幅度 < 10 mm时效果更佳。这一调整策略对临床改善患者的关节功能及减少并发症具有积极作用。

关键词: 全髋关节置换术; 髋关节旋转中心; Crowe IV型发育性髋关节发育不良; 髋关节功能; 假体脱位

中图分类号: R687.4

文献标识码: A

Impact of hip rotation center position on joint function in Crowe type IV DDH patients after total hip arthroplasty*

Li Jian-qiang¹, Jin Yu², Zhao Wen-xian³

(1.The First Department of Orthopedics, Tangshan People's Hospital, Tangshan, Hebei 063001, China;
2.The Third Department of Orthopedics, Tangshan People's Hospital, Tangshan, Hebei 063001, China;
3.Department of Radiology, Tangshan Central Hospital, Tangshan, Hebei 063004, China)

Abstract: Objective To investigate the effect of different hip rotation center positions on functional

收稿日期: 2025-03-10

* 基金项目: 河北省自然科学基金面上项目(No: H2023206016); 河北省医学科学研究课题计划项目(No: 20191330)

recovery in Crowe type IV developmental dysplasia of the hip (DDH) patients after total hip arthroplasty (THA).

Methods A retrospective analysis was conducted on 82 Crowe type IV developmental dysplasia of the hip (DDH) patients who underwent THA at Tangshan People's Hospital from January 2019 to March 2024. Based on postoperative anteroposterior pelvic radiographs, patients were divided into three groups according to the vertical superior displacement (ΔH) of the rotation center: $\Delta H1$ group ($\Delta H < 5$ mm, $n = 34$), $\Delta H2$ group ($5 \text{ mm} \leq \Delta H < 10$ mm, $n = 29$), and $\Delta H3$ group ($\Delta H \geq 10$ mm, $n = 19$). Hip function [Harris Hip Score (HHS)], balance ability [Berg Balance Scale (BBS)], pain level [Visual Analogue Scale (VAS)], and Trendelenburg sign positivity rate were compared among the three groups preoperatively and at 3, 6, and 12 months postoperatively. Additionally, differences in cup anteversion, abduction angle, offset between the operated and healthy sides, and complications (prosthesis loosening, dislocation, iliopsoas impingement) were evaluated at 12 months postoperatively. **Results** Significant differences were observed in HHS, BBS, and VAS scores at preoperative, 3-month, 6-month, and 12-month postoperative intervals ($P < 0.05$). Comparative analysis among $\Delta H1$, $\Delta H2$, and $\Delta H3$ groups revealed statistically significant differences in HHS, BBS, and VAS scores ($P < 0.05$), with distinct variation trends in HHS scores across groups ($P < 0.05$). The Trendelenburg sign positive rates demonstrated significant differences among $\Delta H1$, $\Delta H2$, and $\Delta H3$ groups at 3-month, 6-month, and 12-month follow-ups ($P < 0.05$). Specifically, $\Delta H3$ group exhibited higher Trendelenburg sign positivity at 12 months compared to $\Delta H1$ and $\Delta H2$ groups ($P < 0.05$), and at 3 month and 6 month intervals compared to $\Delta H1$ group ($P < 0.05$). Cup orientation measurements showed significant intergroup differences in discrepancies between operated and healthy sides for anteversion angle, abduction angle, and offset at 12 months postoperation ($P < 0.05$). The $\Delta H1$ group demonstrated smaller anteversion discrepancies than both $\Delta H2$ and $\Delta H3$ groups ($P < 0.05$), and smaller abduction/offset discrepancies than $\Delta H3$ group ($P < 0.05$). The $\Delta H2$ group showed significantly smaller discrepancies in all three parameters compared to $\Delta H3$ group ($P < 0.05$). Adverse event analysis revealed significant differences in overall incidence among groups ($P < 0.05$), with $\Delta H3$ group showing higher rates than both $\Delta H1$ and $\Delta H2$ groups ($P < 0.0125$ after Bonferroni correction). **Conclusion** Optimal adjustment of the hip rotation center significantly improves functional outcomes in Crowe type IV DDH patients after THA. A superior displacement of <10 mm yields better hip function and lower complication rates, supporting its clinical utility in enhancing recovery and reducing adverse events.

Keywords: total hip arthroplasty; hip rotation center; crowe type IV developmental dysplasia of the hip; hip function; prosthesis dislocation

发育性髋关节发育不良 (developmental dysplasia of the hip, DDH) 是一种以髋臼发育缺陷和股骨头-髋臼匹配异常为主要特征的常见髋关节疾病。流行病学调查显示, DDH 在临床筛查人群中的检出率为 0.5% ~ 3.0%, 髋臼对股骨头的覆盖不足导致关节稳定性降低, 进而增加早期骨关节炎及髋关节功能障碍的风险^[1-2]。DDH 是导致继发性髋关节炎的重要病因, 其中 Crowe IV 型为最严重的类型, 其解剖结构尤为异常, 患者通常表现为髋臼浅平、股骨头完全脱位、下肢明显短缩及继发的骨盆代偿性倾斜。随着病程进展, 还可出现进行性加重的髋部疼痛、关节活动受限及步态异常, 严重影响患者日常生活质量^[3-4]。全髋关节置换术 (total hip arthroplasty, THA) 已成为 DDH 患者的标准治疗手段, 其通过人工假体置换病变的髋关节, 能够有效地解决 DDH 导致的疼痛和功能障碍问题, 并改善患者的生活质量^[5]。然而, 由于 Crowe IV 型

DDH 患者的股骨头和髋臼解剖异常, 髋关节置换术在髋臼重建、股骨头替换及假体植入的精准性等方面存在较高的技术难度, 术后常见的并发症包括假体松动、脱位、骨折等, 严重影响了手术的效果和患者的康复进程^[6]。既往研究表明, 旋转中心位置的确定是影响手术效果的关键因素, 但关于最佳重建位置仍存在广泛争议。传统观点强调解剖位重建的重要性, 认为其能够恢复正常的生物力学环境, 而支持高位旋转中心的学者则指出, 在严重骨缺损情况下, 适度上移可提高臼杯初始稳定性^[7-8]。基于此, 作者提出以下研究假设: 旋转中心上移 <10 mm 时, 患者术后髋关节功能与解剖位重建无差异; 上移 ≥ 10 mm 将导致功能恢复显著下降; 旋转中心上移 >15 mm 会显著增加术后脱位及假体松动风险。本研究旨在通过对 Crowe IV 型 DDH 患者进行回顾性分析, 探讨髋关节旋转中心位置调整对患者术后关节功能恢复的影响, 评估

其对临床疗效的具体作用,为优化THA中的髋关节旋转中心定位提供理论依据,并为临床如何提升Crowe IV型DDH患者的手术效果、减少并发症的发生提供新的治疗思路和实践指导。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2019年1月—2024年3月唐山市人民医院82例Crowe IV型DDH患者为研究对象。根据术后标准骨盆正位片测量旋转中心垂直上移距离(ΔH),将患者分为3组: ΔH_1 组($\Delta H < 5$ mm, 34例), ΔH_2 组($5 \leq \Delta H < 10$ mm, 29例), ΔH_3 组($\Delta H \geq 10$ mm, 19例)。 ΔH_1 组:男性12例,女性22例;左髋14例,右髋20例;年龄(58.45 ± 7.61)岁。 ΔH_2 组:男性10例,女性19例;左髋12例,右髋17例;年龄(60.02 ± 8.23)岁。 ΔH_3 组:男性7例,女性12例;左髋7例,右髋12例;年龄(61.47 ± 6.98)岁。3组的性别、左右髋分布及年龄比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。本研究以Harris髋关节评分(Harris hip score, HHS)^[9]为主要终点,根据单因素方差分析样本量计算公式: $N = [2 \times (Z\alpha + Z\beta)^2 \times \sigma^2] / \Delta^2$,其中 $\alpha = 0.05$ (双侧), $\beta = 0.2$ (检验效能80%), σ 为总体标准差, Δ 为临床重要差异,根据预调查结果得出 $\sigma \approx 12$, $\Delta = 10$,计算样本量得 $N = [2 \times (2.39 + 0.84)^2 \times 12^2] / 10^2 \approx 29$ 例/组。最终纳入 ΔH_1 组34例, ΔH_2 组29例, ΔH_3 组19例。其中 ΔH_3 组因符合终止标准(中期分析显示脱位率明显升高)提前终止入组。本研究已通过唐山市人民医院医学伦理委员会批准(No: RMY-LLKS-2019-0012)。

1.2 纳入和排除标准

纳入标准:①符合Crowe IV型DDH诊断标准^[10];②年龄 > 18 岁;③均接受THA治疗;④为同一位主刀医师;⑤术后随访时间 > 12 个月。排除标准:①患有严重的全身性疾病(如心脏病、肝脏疾病、严重贫血等);②存在严重的骨质疏松或骨折史,无法进行手术治疗;③存在传染性疾病或免疫系统疾病;④妊娠期或哺乳期妇女;⑤无法完成术后随访或术后评估,临床资料不完整。

1.3 手术方法

患者均采用后外侧入路进行单侧THA,术前行麻醉评估,采用气管插管全身麻醉联合神经阻滞。

患者取侧卧位,双下肢适当外展以固定骨盆,确保术野暴露充足。术前常规进行皮肤消毒,采用碘伏消毒手术区皮肤,铺设无菌布单,并贴上抗菌薄膜以防止术中感染。从患者的臀部后外侧Gibson入路逐层切开,切口长度为8~10 cm,经过皮肤、皮下组织及阔筋膜,暴露股骨大转子区域。切开阔筋膜后,钝性分离臀肌间隙(臀大肌与臀中肌间),显露并保护坐骨神经后,自大转子后侧逐层离断外旋肌群,充分暴露小转子和关节囊后壁。T形切开后侧关节囊,暴露髋关节并屈髋内旋脱位股骨头,距小转子上缘1.2 cm处截断股骨颈。去除股骨头后,清理髋臼周围的增生骨质和纤维组织,确保髋臼位置清晰可见。根据术前影像学评估结果,确定髋臼的理想外展角和前倾角。以最小号髋臼锉起始磨锉真臼,方向指向髂耻线中点,逐步增大磨锉型号至获得70%以上骨覆盖,维持外展(42 ± 3)°和前倾(15 ± 5)°的植入角度。选择比最终磨锉大1 mm的非骨水泥臼杯,采用冲击器精确植入,对骨缺损区行自体股骨头植骨或使用增强环固定,测试稳定性后植入高边后上方位的高交联聚乙烯内衬。股骨侧通过股骨颈截骨面的位置切开,并尽可能靠近大转子开髓,使用扩髓器逐步扩展髓腔,过程中需控制前倾角,并确保髓腔骨屑被充分冲洗干净。安装股骨试模并进行髋关节复位测试,若试模合适则取出试模并安装股骨假体,测试髋关节的稳定性和活动度。放置引流管以防术后血肿,确保髋关节术后无明显渗血或血肿问题。修复外旋肌群止点,逐级关闭切口,先缝合臀大肌和深筋膜,然后是皮下层和皮肤,最后用无菌辅料包扎。术后,将患者下肢置于外展30°中立位,以进一步确保髋关节稳定。所有手术均由同一位高年资医师完成。术后所有患者接受统一康复方案:术后6 h开始踝泵训练(3次/d, 20个/次),术后24 h在康复师指导下进行床上关节活动度训练,术后48 h开始助行器辅助下部分负重行走,术后1周开始步态训练。

1.4 分组

通过术前和术后标准骨盆正位片测量 ΔH ,对82例Crowe IV型DDH患者进行分组。所有患者均于术前、术后(麻醉清醒后)进行标准的骨盆正位片拍摄。确保患者骨盆处于标准拍摄位置,骨盆

平行于 X 光束。使用 Ranawat 三角法定位髋关节的旋转中心。通过影像学分析软件测量髋臼的泪滴标记与髋臼切迹之间的垂直距离, 确定旋转中心位置。本研究生物力学推论主要基于临床影像学数据和既往文献证据, 未进行体外力学实验。

1.5 观察指标

1.5.1 髋关节功能 采用 HHS 评分评估, 包括疼痛、功能、畸形和关节活动度。总分 100 分, 分数越高, 关节功能越佳。

1.5.2 平衡能力 采用伯格平衡量表 (Berg balance scale, BBS)^[11] 评估, 共 14 个条目, 每条得分 0~4 分, 总分 56 分, 分数越高, 平衡能力越好。

1.5.3 疼痛感 采用视觉模拟评分法 (visual analogue score, VAS)^[12] 评估, 得分 0~10 分, 分数越低, 疼痛感越明显。

1.5.4 髋关节稳定性 采用 Trendelenburg 征^[13] 评估。嘱患者以患肢单腿站立, 健侧髋膝关节各屈曲 90° 并保持悬空。观察 30 s 内出现以下任一表现即为阳性: ①健侧骨盆 (髂后上棘) 明显下移; ②患者无法维持规定姿势至时限, 此体征反映关节稳定性不佳。

1.5.5 影像学参数 白杯前倾角: 参考术后标准骨盆正位 X 射线摄影胶片, 采用 Liaw's 法测量; 白杯外展角: 白杯长轴与泪滴间线的夹角; 股骨头偏心距: 股骨头旋转中心到股骨长轴的垂直距离。

1.5.6 不良事件 记录患者的不良事件发生情况, 包括但不限于假体松动、脱位、髋腰肌撞击。

1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS 26.0 统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 比较用方差分析或重复测量设计的方差分析, 两两比较用 LSD-*t* 检验; 计数资料以率 (%) 表示, 比较用 χ^2 检验, 两两比较用校正检验水准法 (检验水准为 0.0125)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组不同时间点髋关节功能比较

3 组术前、术后 3 个月、术后 6 个月、术后 12 个月的 HHS 评分比较, 采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点 HHS 评分比较, 差异有统计学意义 ($F=1\ 130.272, P=0.000$); ②3 组 HHS 评分比较,

差异有统计学意义 ($F=12.915, P=0.000$); ③3 组 HHS 评分变化趋势比较, 差异有统计学意义 ($F=2.933, P=0.010$)。见表 1。

表 1 3 组不同时间点 HHS 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 12 个月
ΔH1 组	34	42.26 \pm 5.27	76.25 \pm 6.32	85.47 \pm 5.18	89.63 \pm 4.27
ΔH2 组	29	41.85 \pm 5.64	75.64 \pm 6.85	82.36 \pm 5.73	86.52 \pm 4.85
ΔH3 组	19	41.52 \pm 6.13	73.43 \pm 7.26	78.25 \pm 6.54	81.74 \pm 5.92

2.2 3 组不同时间点平衡能力比较

3 组术前、术后 3 个月、术后 6 个月、术后 12 个月的 BBS 评分比较, 采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点 BBS 评分比较, 差异有统计学意义 ($F=138.746, P=0.000$); ②3 组 BBS 评分比较, 差异有统计学意义 ($F=6.060, P=0.004$); ③3 组 BBS 评分变化趋势比较, 差异无统计学意义 ($F=2.933, P=0.703$)。见表 2。

表 2 3 组不同时间点 BBS 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 12 个月
ΔH1 组	34	32.15 \pm 4.82	42.72 \pm 5.36	45.84 \pm 4.73	49.32 \pm 3.85
ΔH2 组	29	31.87 \pm 5.13	42.25 \pm 5.91	44.36 \pm 5.24	48.63 \pm 4.37
ΔH3 组	19	31.45 \pm 5.67	40.67 \pm 6.32	42.15 \pm 5.87	45.24 \pm 5.12

2.3 3 组不同时间点疼痛感比较

3 组术前、术后 3 个月、术后 6 个月、术后 12 个月的 VAS 评分比较, 采用重复测量设计的方差分析, 结果: ①不同时间点 VAS 评分比较, 差异有统计学意义 ($F=395.666, P=0.000$); ②3 组 VAS 评分比较, 差异有统计学意义 ($F=10.634, P=0.000$); ③3 组 VAS 评分变化趋势比较, 差异无统计学意义 ($F=0.351, P=0.909$)。提示不同旋转中心调整策略能有效缓解术后疼痛。见表 3。

表 3 3 组不同时间点 VAS 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 12 个月
ΔH1 组	34	7.05 \pm 1.32	2.64 \pm 0.87	1.87 \pm 0.42	1.32 \pm 0.28
ΔH2 组	29	7.16 \pm 1.45	2.93 \pm 0.95	2.15 \pm 0.53	1.67 \pm 0.39
ΔH3 组	19	7.18 \pm 1.53	3.27 \pm 1.12	2.54 \pm 0.77	2.03 \pm 0.64

2.4 3 组髋关节稳定性比较

3 组术前 Trendelenburg 征阳性率比较, 经 χ^2 检验, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。3 组术后 3、6 和

12 个月 Trendelenburg 征阳性率的比较,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。ΔH3 组术后 12 个月 Trendelenburg 征阳性率均高于 ΔH1 组和 ΔH2 组 ($P < 0.0125$); ΔH3 组术后 3、6 个月 Trendelenburg 征阳性率均高于 ΔH1 组 ($P < 0.0125$)。见表 4。

表 4 3 组 Trendelenburg 征阳性率比较 例 (%)

组别	n	术前	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 12 个月
ΔH1 组	34	34(100.00)	5(14.70)	3(8.82)	2(5.88)
ΔH2 组	29	29(100.00)	7(24.14)	4(13.79)	2(6.90)
ΔH3 组	19	19(100.00)	10(52.63)	8(42.10)	7(36.84)
χ^2 值		0.000	9.096	9.641	11.700
P 值		1.000	0.010	0.008	0.003

2.5 3 组术后患侧与健侧影像学参数的变化

3 组患者术后 12 个月患侧与健侧的臼杯前倾角、臼杯外展角、偏心距的差值比较,经方差分析,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。ΔH1 组患侧与健侧的臼杯前倾角的差值均低于 ΔH2 组和 ΔH3 组 ($P < 0.05$); ΔH2 组患侧与健侧的臼杯前倾角、臼杯外展角及偏心距的差值均低于 ΔH3 组 ($P < 0.05$)。见表 5。

表 5 3 组术后患侧与健侧影像学参数的变化 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	臼杯前倾角 差值/(°)	臼杯外展角 差值/(°)	偏心距 差值/mm
ΔH1 组	34	3.98 ± 0.64	2.08 ± 0.65	1.88 ± 0.43
ΔH2 组	29	4.63 ± 0.87	2.43 ± 0.77	2.10 ± 0.68
ΔH3 组	19	6.47 ± 1.65	3.87 ± 1.04	3.23 ± 0.92
F 值		36.178	32.104	27.098
P 值		0.000	0.000	0.000

2.6 3 组不良事件发生情况

3 组不良事件总发生率比较,经 χ^2 检验,差异有统计学意义 ($\chi^2=12.443$, $P=0.002$); ΔH3 组不良事件总发生率均高于 ΔH1 组和 ΔH2 组 ($\chi^2=10.788$ 和 6.947, $P=0.001$ 和 0.008)。见表 6。

表 6 3 组患者不良事件发生情况 例 (%)

组别	n	假体松动	假体脱位	髌腰肌撞击	总发生率
ΔH1 组	34	2(5.88)	0(0.00)	3(8.82)	5(14.70)
ΔH2 组	29	3(10.34)	0(0.00)	3(10.34)	6(20.69)
ΔH3 组	19	4(21.05)	2(10.53)	5(26.32)	11(57.89)

3 讨论

髋关节作为人体重要的负重关节,其正常解剖结构与功能对维持日常活动至关重要。DDH 是导致继发性髋关节炎的重要病因,其中 Crowe IV 型最为严重,表现为股骨头完全脱位,髋臼完全缺失接触,通常伴随严重的股骨头畸形和髋臼的发育不良,常面临髋关节严重的功能障碍,并伴随长期的疼痛和活动受限^[14]。THA 是治疗 Crowe IV 型 DDH 患者的主要手术方式,其复杂性不仅在于骨性结构的严重畸形,更在于旋转中心重建对术后功能的深远影响^[15]。近年来,随着对髋关节生物力学认识的深入,旋转中心位置与假体长期生存率的关系逐渐成为研究热点。本研究旨在揭示不同重建高度对功能恢复的影响,为临床决策提供更精细的参考依据。

本研究结果显示,髋关节旋转中心的调整对 Crowe IV 型 DDH 患者术后功能恢复具有显著影响。ΔH1 组和 ΔH2 组在术后不同时间点的 HHS 和 BBS 评分均高于 ΔH3 组,而 VAS 评分较低。其中 HHS 评分的组间效应、时间点效应和交互效应在 3 组间有差异,提示 3 组患者的髋关节功能在日常活动能力、行走能力方面均得到了提高,也扩大了活动范围,但不同组别的恢复轨迹存在差异,ΔH1 组和 ΔH3 组的 HHS 分数差距随时间扩大。旋转中心是下肢力线的重要组成部分,其位置的改变直接影响髋关节的力学平衡。ΔH 过大可能导致髋关节外展肌群的力臂缩短,降低肌肉的有效作用力,从而影响关节稳定性和活动度^[16]。研究表明,ΔH 控制在 10 mm 以内时,髋关节的力学环境更接近生理状态,优化了髋关节的力矩和肌肉效率,有助于提升关节功能,与本文研究结果一致^[17]。同时这也说明高位重建患者恢复到髋关节功能较佳状态需要延长康复周期^[18]。而 BBS 和 VAS 评分只在组间效应、时间点效应存在显著差异,表明所有患者的平衡功能和疼痛感均随时间推移而改善。ΔH1 组和 ΔH2 组在术后 3、6、12 个月的 BBS 评分均高于 ΔH3 组,说明适度调整旋转中心位置能够显著提高患者的平衡能力。旋转中心位置的优化可能使髋关节周围肌肉群(如臀肌、股四头肌等)的力学环境更接近生理状态,有助于改善肌肉功能和协调性,同时可能有助于恢复髋关节的本体感觉,

使患者更好地感知身体位置和运动状态,进而提升平衡能力。术后平衡功能的重建直接影响患者活动能力,研究表明,平衡能力的改善不仅关乎步态稳定性,更能降低老年患者年跌倒风险及恐惧心理,并提高生活质量^[19]。 $\Delta H1$ 组和 $\Delta H2$ 组术后各时间点的VAS评分显著低于 $\Delta H3$ 组,说明旋转中心位置的适度调整可能减少了髋关节的异常应力和磨损,从而减轻了疼痛。 ΔH 过大可能导致髋关节受力不均,增加关节面的磨损和撞击,引发疼痛。BBS和VAS评分的交互效应无差异,提示其改善可能更多依赖普适性康复策略,且 $\Delta H3$ 组的神经肌肉适应存在上限。这一现象与近期步态研究结果高度吻合。张羽等^[20]针对 Crowe II、III 型 DDH 患者的比较研究显示,高位重建组患者的髋关节最大伸展度较解剖重建组降低,屈伸范围减小,同时足底反作用力纵向峰值增加。这些数据证实了“高位重建的力学补偿阈值”现象,当旋转中心上移超过解剖位置时,虽然基础步态参数得以维持,但会出现特征性的关节活动度受限和动力学负荷增加。这一发现为临床手术方案的优化提供了重要启示,即旋转中心位置的调整需控制在合理范围内,以避免神经肌肉适应的上限效应。

本研究中,3组患者术前 Trendelenburg 征阳性率均为 100%,这与 Crowe IV 型 DDH 特征性的外展肌功能失代偿病理特征相符,术后阳性率均降低,反映了旋转中心位置对外展肌功能重建的持续影响^[21]。至 12 个月时 $\Delta H3$ 组仍保持较高阳性率,其阳性率显著高于另外两组,而 $\Delta H1$ 组和 $\Delta H2$ 组的阳性率之间无差异,提示 10 mm 可能是一个关键的生物力学拐点,超过此界限后外展肌功能将明显受限。这种差异与影像学参数的变化密切相关,术后 12 个月, $\Delta H3$ 组患侧臼杯前倾角和外展角与健侧的差异大于 $\Delta H1$ 组和 $\Delta H2$ 组,研究表明,这种前倾角减小与外展角增大的耦合效应,不仅造成关节囊张力失衡,还通过改变股骨-臼杯接触机制增加脱位风险,这与本文结果一致^[22]。因此,对于必须采用高位重建($\Delta H \geq 10$ mm)的病例,建议常规进行术后外展肌强化训练,并考虑使用高偏心距假体进行力学补偿。值得注意的是, $\Delta H1$ 组和 $\Delta H2$ 组通过代偿性外展肌训练,有效弥补了偏心距损失,这解释了其良好功能评分与较低

Trendelenburg 征阳性率的关联。不良事件发生率的差异进一步验证了旋转中心位置的关键作用。 $\Delta H3$ 组较高的脱位率与前倾角减小直接相关,这与生物力学研究提出的“前倾角-稳定性”曲线预测一致^[23]。 $\Delta H3$ 组假体松动、脱位、髂腰肌撞击的总发生率高于 $\Delta H1$ 组和 $\Delta H2$ 组。髂腰肌撞击是术后疼痛的常见原因之一,与前倾不足导致的股骨-骨盆间隙减小直接相关,也与 $\Delta H3$ 组较高的VAS评分相吻合^[24]。这些不良事件提示在 Crowe IV 型 DDH 重建中,旋转中心上移 ≥ 10 mm 时需要特别关注假体定位的精确性。对于必须 ≥ 10 mm 上移的病例,建议考虑采用结构性植骨或增强型假体来改善生物力学环境,术中可采用计算机导航或 3D 打印导板提升假体定位精度,同时需要制定针对性的康复方案来补偿外展肌功能缺陷^[25-26]。

综上所述,本研究通过系统分析不同旋转中心位置对 Crowe IV 型 DDH 患者 THA 术后功能恢复的影响,得出以下结论:控制旋转中心上移幅度 < 10 mm 能够在保证假体稳定性的同时,获得良好的功能恢复效果;而 ≥ 10 mm 则会导致关节稳定性下降、假体脱位等一系列不良后果。在解剖重建不可行的情况下,优先选择 $5 \sim < 10$ mm 的功能性重建,当预计上移距离必须 ≥ 10 mm 时,则应考虑采用结构性植骨或特殊假体等替代方案。

本研究在 Crowe IV 型 DDH 患者的 THA 治疗领域取得了突破性进展,系统阐明了旋转中心上移量与术后功能恢复的量化关系,提出 10 mm 是功能恢复的关键临界值, ≥ 10 mm 将导致髋关节功能恢复效果显著下降,填补了既往研究在 Crowe IV 型这一群体中的认知空白。此外,本研究将生物力学参数、功能评估和并发症监测结合,构建了全面的临床决策体系,为复杂 THA 病例的旋转中心重建提供了全新的评估框架和治疗范式。这些发现不仅为 Crowe IV 型 DDH 的个体化治疗提供了精准依据,其研究方法与结论对其他复杂髋关节重建手术也具有重要的借鉴价值。但是本研究仍存在局限性,12 个月的随访周期虽能有效评估早期功能恢复和并发症,但尚不足以揭示假体松动、磨损等长期风险。未来的研究方向应包括延长随访时间以评估长期假体生存率,并结合动态步态分析进一步阐明生物力学改变的具体机制。

参 考 文 献：

- [1] 陆文青, 胡建华, 陆丹青, 等. 发育性髋关节发育不良患者全髋置换术后步态障碍的危险因素分析[J]. 海军医学杂志, 2025, 46(1): 68-71.
- [2] SCHMITZ M R, MURTHA A S, CLOHISY J C, et al. Developmental dysplasia of the hip in adolescents and young adults[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2020, 28(3): 91-101.
- [3] 刘庆鹏, 刘冠杰, 徐栋, 等. Crowe IV型发育性髋关节发育不良病人全髋关节置换术中解剖位安放臼杯并粗隆下截骨治疗前后步态参数分析[J]. 临床外科杂志, 2023, 31(8): 778-782.
- [4] 李明峰, 宋朝晖, 肖龙涛, 等. Crowe III、IV型髋关节发育不良患者股骨近端应力与股骨髓腔形态的研究[J]. 中华解剖与临床杂志, 2024, 29(7): 456-463.
- [5] 王一天, 贾鑫林, 余朝弘, 等. 全髋关节置换术治疗单侧髋关节发育不良对非术侧的影响[J]. 临床骨科杂志, 2025, 28(1): 38-41.
- [6] 刘德洋, 张宏伟, 高续. CT对侧卧位不同入路的全髋关节置换术预后及并发症的评估[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(5): 919-923.
- [7] 李茂勇, 曹巍, 沙培鑫, 等. 基于数字化分析全髋关节置换术后股骨偏心距及旋转中心与下肢不等长的相关性研究[J]. 中国骨伤, 2024, 37(4): 381-386.
- [8] 赵阳. 发育性髋关节发育不良不同旋转中心的相关模拟分析[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2020.
- [9] NILSDOTTER A, BREMANDER A. Measures of hip function and symptoms: Harris Hip Score (HHS), Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score (HOOS), Oxford Hip Score (OHS), Lequesne Index of Severity for Osteoarthritis of the Hip (LISOH), and American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) Hip and Knee Questionnaire[J]. Arthritis Care Res (Hoboken), 2011, 63 Suppl 11: S200-S207.
- [10] 中华医学会骨科学分会. 发育性髋关节发育不良诊疗指南(2009年版)[J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21(9): 953-954.
- [11] DOWNSS. The Berg balance scale[J]. J Physiother, 2015, 61(1): 46.
- [12] PINCUS T, BERGMAN M, SOKKA T, et al. Visual analog scales in formats other than a 10 centimeter horizontal line to assess pain and other clinical data[J]. J Rheumatol, 2008, 35(8): 1550-1558.
- [13] HARDCASTLE P, NADE S. The significance of the Trendelenburg test[J]. J Bone Joint Surg Br, 1985, 67(5): 741-746.
- [14] 吐尔孙塔依·吐尔汗, 海赛尔·哈德, 玉苏甫江·玉努斯, 等. 髋臼中心定位工具在Crowe IV型发育性髋关节发育不良关节置换术中的应用[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2023, 20(4): 19-23.
- [15] 刘懿. Crowe IV型髋关节发育不良全髋关节置换术后翻修原因及翻修策略的回顾性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2024.
- [16] KARAISMAILIOGLU B, ERDOGAN F, KAYNAK G. High hip center reduces the dynamic hip range of motion and increases the hip load: a gait analysis study in hip arthroplasty patients with unilateral developmental dysplasia[J]. J Arthroplasty, 2019, 34(6): 1267-1272.e1.
- [17] 王瑞. DDH全髋关节置换术髋关节旋转中心位置与临床疗效的研究分析[D]. 广州: 广州医科大学, 2022.
- [18] 张晓倩, 郭磊, 王鹏皓. 高位髋关节旋转中心对髋臼发育不良髋关节置换术后外展肌力及早期康复的影响[J]. 中国医科大学学报, 2022, 51(11): 961-964.
- [19] 刘婷婷. 阶梯式平衡功能训练对老年髋关节置换术后患者平衡功能和跌倒恐惧的影响[J]. 安徽医学, 2024, 45(8): 1028-1033.
- [20] 张羽, 冯硕, 杨志, 等. 高位髋关节中心全髋关节置换治疗发育性髋关节发育不良后的三维步态评价[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(3): 350-355.
- [21] 曾晓霜, 陈俊文, 黄梁坤, 等. 内侧突出技术对成人发育性髋关节发育不良患者全髋关节置换术后髋关节外展肌力恢复的影响[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2023, 20(4): 14-18.
- [22] 左云周, 熊昌军, 甘学文, 等. 改良髋臼前倾角及外展角校验系统在不同入路全髋关节置换术中的应用[J]. 实用骨科杂志, 2023, 29(4): 310-314.
- [23] GROSSO M J, PLASKOS C, PIERREPONT J, et al. Increased cup anteversion may not prevent posterior dislocation in patients with abnormal spinopelvic characteristics in total hip arthroplasty[J]. Arthroplast Today, 2023, 23: 101192.
- [24] BAUJARD A, MARTINOT P, DEMONDION X, et al. Threshold for anterior acetabular component overhang correlated with symptomatic iliopsoas impingement after total hip arthroplasty[J]. Bone Joint J, 2024, 106-B(3 Supple A): 97-103.
- [25] 朱浩天, 成凯, 严瀚, 等. 3D打印导板在成人发育性髋关节发育不良全髋置换中的疗效[J]. 实用骨科杂志, 2025, 31(1): 37-42.
- [26] 张博涵, 郭人文, 谢鸿斌, 等. 国产可视化导航与MAKO手术机器人辅助全髋关节置换术治疗Crowe IV型发育性髋关节发育不良的临床效果比较[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2025, 18(1): 19-26.

(张西倩 编辑)

本文引用格式: 李建强, 靳宇, 赵文献. 髋关节旋转中心位置对全髋关节置换术后Crowe IV型DDH患者关节功能的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(17): 86-92.

Cite this article as: LI J Q, JIN Y, ZHAO W X. Impact of hip rotation center position on joint function in Crowe type IV DDH patients after total hip arthroplasty[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(17): 86-92.