

MAKO机械臂辅助全髋关节置换术在不同类型髋关节疾病中的早期疗效分析

马 骏¹, 张子安², 王英振^{2*}

¹青岛大学医学部, 山东 青岛

²青岛大学附属医院关节外科, 山东 青岛

收稿日期: 2023年3月19日; 录用日期: 2023年4月15日; 发布日期: 2023年4月23日

摘 要

目的: 探讨MAKO机械臂辅助全髋关节置换术在不同类型髋关节疾病中应用的早期疗效。方法: 回顾性分析2021年1月至2021年12月因先天性髋关节发育不良(Deploymental dysplasia of the hip, DDH)接受MAKO机械臂辅助全髋关节置换术的患者13例为DDH组, 因股骨头缺血性坏死(Avascular necrosis, AVN)接受MAKO机械臂辅助全髋关节置换术的患者29例为AVN组。除DDH组女性患者比例偏高外, 两组患者年龄、身高、体重、体质指数、术前Harris髋关节评分、西安大略和麦克马斯特大学(Western Ontario and McMaster Universities, WOMAC)骨关节炎指数、术前下肢长度差差异均无统计学意义($P > 0.05$)。记录并比较两组患者手术时间、并发症发生率、术后影像学参数(外展角、前倾角、下肢长度差)、术后髋臼假体在Lewinnek安全区和Callanan安全区内的放置率、术后3个月和6个月的Harris评分、WOMAC指数和遗忘关节评分。结果: DDH组手术时间为(101.54 ± 11.79) min, 与AVN组手术时间为(97.59 ± 16.88) min相比, 手术时间差异无统计学意义($t = 0.762, P = 0.450$)。DDH组下肢长度差为(3.95 ± 2.86) mm, 与AVN组下肢长度差(3.71 ± 2.71) mm相比, 差异无统计学意义($t = 0.263, P = 0.794$)。两组患者术后髋臼假体外展角($43.62^\circ \pm 2.57^\circ, 41.62^\circ \pm 4.77^\circ$)差异无统计学意义($t = 1.419, P = 0.164$); 术后髋臼假体前倾角($15.41^\circ \pm 4.67^\circ, 12.78^\circ \pm 4.75^\circ$)差异无统计学意义($t = 1.671, P = 0.102$); 术后髋臼假体外展角度与术前计划的差值($3.85^\circ \pm 2.18^\circ, 3.67^\circ \pm 2.61^\circ$)差异无统计学意义($t = 0.216, P = 0.830$); 术后髋臼假体前倾角度与术前计划的差值($3.17^\circ \pm 3.32^\circ, 3.82^\circ \pm 3.54^\circ$)无统计学意义($t = 0.559, P = 0.579$); 术后偏心距差($4.82 \pm 2.83, 4.98 \pm 3.82$) mm, 无统计学差异($t = 0.133, P = 0.895$)。DDH组髋臼假体在Lewinnek安全区的放置率为90.9%, AVN组为89.7%, 组间差异无统计学意义($P = 0.906$)。DDH组髋臼假体角度在Callanan安全区的比例为84.62%, AVN组比例为65.52%, 差异无统计学意义($P = 0.205$)。术后3个月和术后6个月两组患者Harris髋关节功能评分、WOMAC指数、遗忘关节评分的组间差异无统计学意义。DDH组和AVN组术后6个月Harris髋关节功能评分改善值分别为(36.23 ± 5.13)分和(37.14 ± 5.81)分, 差异无统计学意义($t = 0.484, P = 0.616$); WOMAC指数改善值分别为(48.62 ± 11.84)分和(45.72 ± 8.94)分, 差异无统计学意义($t = 0.875, P = 0.387$)。各组患者均无术中及术后并发症发生。结论: MAKO机械臂辅助全髋关节置换术在面对DDH和AVN两种疾病时其操作性、安全性、精准性等表现稳定, 具有良好的早期疗效。

关键词

MAKO机械臂, 全髋关节置换术, 早期疗效, 髋关节疾病

*通讯作者 Email: 18661808023@163.com

Early Efficacy Analysis of MAKO Robotic Arm Assisted Total Hip Arthroplasty in Different Types of Hip Diseases

Jun Ma¹, Zi'an Zhang², Yingzhen Wang^{2*}

¹Medical Science Center, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Joint Surgery, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Mar. 19th, 2023; accepted: Apr. 15th, 2023; published: Apr. 23rd, 2023

Abstract

Objective: To investigate the early efficacy of MAKO robotic arm-assisted total hip replacement in different types of hip diseases. **Methods:** A retrospective analysis of 13 patients undergoing MAKO robotic arm-assisted total hip replacement due to Developmental dysplasia of the hip (DDH) from January 2021 to December 2021 was performed in DDH group. Ascluar surgery of 29 patients receiving MAKO robotic arm-assisted total hip replacement due to Avascular necrosis (AVN) of the femoral head were in the AVN group. Age, height, weight, body mass index, preoperative Harris hip score, Western Ontario and McMaster Universities (Western Ontario and McMaster Universities). There were no significant differences in osteoarthritis index and lower limb length before operation ($P > 0.05$). Operation time, complication rate, postoperative imaging parameters (dilation Angle, anterior inclination, lower limb length difference), placement rate of postoperative CT acetabular prosthesis in the Lewinnek safety zone and the Callanan safety zone, Harris score, WOMAC index, and amnesia joint score at 3 and 6 months after surgery were recorded and compared between the two groups. **Results:** The operating time of DDH group was (101.54 ± 11.79) min, and that of AVN group was (97.59 ± 16.88) min. There was no significant difference in operating time ($t = 0.762$, $P = 0.450$). The lower limb length difference of DDH group was (3.95 ± 2.86) mm, which was not statistically significant compared with that of AVN group (3.71 ± 2.71) mm, ($t = 0.263$, $P = 0.794$). There was no significant difference in the external extension Angle of acetabular prosthesis between the two groups ($43.62^\circ \pm 2.57^\circ$, $41.62^\circ \pm 4.77^\circ$) ($t = 1.419$, $P = 0.164$). There was no significant difference in anterior inclination of acetabular prosthesis ($15.41^\circ \pm 4.67^\circ$, $12.78^\circ \pm 4.75^\circ$) ($t = 1.671$, $P = 0.102$). There was no significant difference between the external extension Angle of acetabular prosthesis and the preoperative plan ($3.85^\circ \pm 2.18^\circ$, $3.67^\circ \pm 2.61^\circ$) ($t = 0.216$, $P = 0.830$). There was no significant difference between the anterior inclination Angle of the acetabular prosthesis and the preoperative plan ($3.17^\circ \pm 3.32^\circ$, $3.82^\circ \pm 3.54^\circ$) ($t = 0.559$, $P = 0.579$). Postoperative eccentricity difference (4.82 ± 2.83 , 4.98 ± 3.82) mm was not statistically significant ($t = 0.133$, $P = 0.895$). The placement rate of acetabular prosthesis in the Lewinnek safe zone was 90.9% in the DDH group and 89.7% in the AVN group, with no statistically significant difference between groups ($P = 0.906$). The proportion of acetabular prosthesis Angle in the Callanan safe zone was 84.62% in the DDH group and 65.52% in the AVN group, with no statistical significance ($P = 0.205$). There were no significant differences in Harris hip function score, WOMAC index and amnesic joint score between the two groups at 3 and 6 months after surgery. The Harris hip function score of DDH group and AVN group was (36.23 ± 5.13) points and (37.14 ± 5.81) points, respectively, with no significant difference ($t = 0.484$, $P = 0.616$). The improvement values of WOMAC index were (48.62 ± 11.84) points and (45.72 ± 8.94) points, respectively, with no statistical significance ($t = 0.875$, $P = 0.387$). No intraoperative or postoperative complications occurred in each group. **Conclusion:** MAKO robotic arm-assisted total hip replacement is stable in operation, safety and precision in the treatment of DDH and AVN diseases, and has good early efficacy.

Keywords

MAKO Robotic Arm, Total Hip Arthroplasty, Early Curative Effect, Hip Disease

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自全髋关节置换术问世以来,以其超高的患者满意度、功能恢复结果及植入物寿命被广泛认为是骨科最成功的外科手术[1]。全髋关节置换术的目的在于提供一个稳定、无痛、高功能的髋关节重建,而人为错误则是导致全髋关节置换术并发症发生的重要因素。术者的用手习惯、手术学习曲线和患者解剖结构变异导致解剖标志不清晰等因素导致手术过程中,髋臼假体的位置及角度可能会发生偏差[2]。而不当的假体位置和角度会增加全髋关节置换术并发症的发生率,包括术中骨折、假体脱位、假体撞击、假体加速磨损、下肢长度差过大、关节活动障碍等问题[3] [4] [5]。因此,全髋关节置换术对术者技术要求相对较高。

在 2010 年,MAKO 手术机器人被批准用于全髋关节置换术[6]。其通过计算机断层扫描对骨盆进行 CT 三维重建,并由专业的工程师进行术前规划,以确定假体放置角度、假体型号以及截骨量。而机械臂则在术中辅助术者进行截骨、磨骨、放置假体等操作。相较于传统人工全髋关节置换术,其在准确定位假体位置方面的优势明显。

MAKO 机械臂辅助全髋关节置换术在术前规划、假体放置等方面的优势已经被证实且取得了良好的临床效果[7] [8] [9]。但当其面对具有不同解剖变异特点的不同类型髋关节疾病时,其表现有无差异尚不明确。因此,为了探究机械臂辅助技术在面对不同类型髋关节疾病时的表现情况,我们将先天性髋关节发育不良和股骨头缺血性坏死两类患者作对比研究。

2. 临床资料

2.1. 纳入及排除标准

纳入标准:① 接受初次全髋关节置换术的先天性髋关节发育不良患者或股骨头缺血性坏死患者;② 依据病因进行分组;③ 观察指标包括患者一般资料、术后影像学参数及随访时的髋关节功能评分、并发症发生情况等;④ 病例对照研究。

排除标准:① 有精神疾病病史,或治疗依从性差;② 影像学资料缺失;③ 伴有下肢骨折;④ 随访失联;⑤ 因神经肌肉功能不全导致髋关节不稳定或步态异常。

2.2. 一般资料

本研究纳入 2021 年 1 月至 2021 年 12 月因先天性髋关节发育不良(Depvelopmental dysplasia of the hip, DDH)接受 MAKO 机械臂辅助全髋关节置换术的患者 13 例为 DDH 组,因股骨头缺血性坏死(Avascular necrosis, AVN)接受 MAKO 机械臂辅助全髋关节置换术的患者 29 例为 AVN 组。

除 DDH 组女性比例偏高外($P = 0.03$),两组患者在年龄构成、身高、体重、BMI,术前 Harris 髋关节评分、术前 WOMAC 指数、术前下肢长度差等差异均无统计学意义($P > 0.05$, 见表 1)。

Table 1. Comparison of preoperative data between DDH group and AVN group
表 1. DDH 组与 AVN 组患者术前资料的比较

组别	性别	年龄	身高	体重	BMI	术前 Harris 评分	术前 WOMAC 指数	术前下肢长度差
	(男/女, 例)	($\bar{x} \pm s$, 岁)	($\bar{x} \pm s$, cm)	($\bar{x} \pm s$, kg)	($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	($\bar{x} \pm s$, 分)	($\bar{x} \pm s$, 分)	($\bar{x} \pm s$, mm)
DDH 组	2/11	54.54 ± 9.23	1.63 ± 0.07	68.54 ± 7.52	25.75 ± 3.36	52.31 ± 3.50	74.46 ± 6.84	9.31 ± 10.094
AVN 组	10/19	55.72 ± 8.13	1.68 ± 0.07	67.59 ± 8.59	24.05 ± 2.68	53.24 ± 4.21	72.17 ± 4.44	8.24 ± 8.671
统计值	X ² = 9.024 P = 0.03	t = 0.418 P = 0.678	t = 1.785 P = 0.082	t = 0.344 P = 0.732	t = 1.756 P = 0.087	t = 0.698 P = 0.489	t = 1.300 P = 0.201	t = 0.350 P = 0.728

2.3. 手术方法

两组患者均采用美国史塞克公司非骨水泥型假体治疗，均取直接外侧入路。

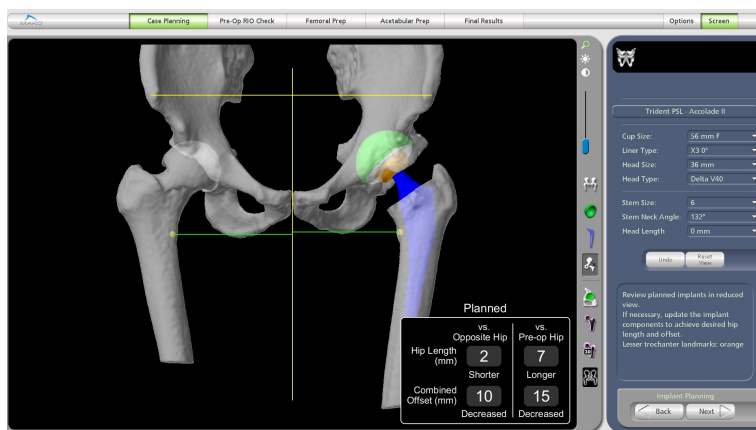


Figure 1. MAKO's preoperative plan prosthetic size
图 1. MAKO 术前计划假体型号

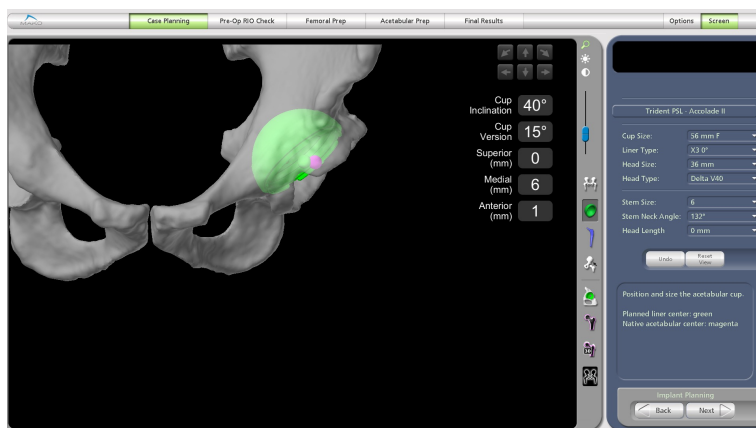


Figure 2. Position and Angle of acetabular prosthesis planned before MAKO surgery
图 2. MAKO 术前计划髋臼假体位置及角度

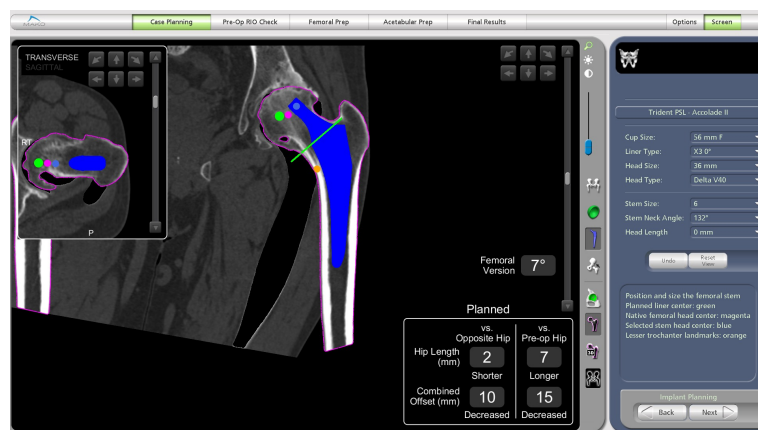


Figure 3. Location and design of femoral neck osteotomy planned before MAKO surgery
图 3. MAKO 术前计划股骨颈截骨定位及设计

术前按照 MAKO 系统参数要求进行骨盆、股骨及膝关节的三维 CT 重建(图 1~3), 上传至史塞克机器人手术中心由专业工程师进行术前规划并确定假体型号。术前计划髋臼假体外展角统一为 40° , 前倾角统一为 15° 。

MAKO 机械臂辅助全髋关节置换术手术过程: ① 患者术前神经阻滞麻醉 + 气管插管全身麻醉, 取侧卧位, 常规碘酊、酒精消毒皮肤, 铺无菌巾单, 于髋骨下极放置电极片一枚, 机器人主机及机械臂以无菌套保护, 安装基座靶标, 注册主机, 确认机器人及机械臂截骨板可被 NDI 识别, 打入定位针 3 根以连杆连接, 确认固定牢靠。② 取直接外侧入路纵行切口约 15 cm, 逐层切开皮下组织、阔筋膜, 切除大转子表面滑囊组织, 于大粗隆外侧打入标记螺钉 1 枚, 剥离臀中、小肌及股骨外侧肌股骨侧止点并牵开显露关节囊, “T”形切开发节囊, 显露股骨头和股骨颈。③ 股骨定位: 通过大转子 1 枚注册螺钉, 使用股骨阵列和检查点对股骨进行注册并登记; 通过软件创建三维模型; 在机器人手臂辅助和软件指导下可视化截骨。④ 骨盆定位: 以髂前上棘、小转子以及髌骨下极为标志, 通过机器人手臂摄像机注册并登记。⑤ 髋臼定位研磨: 通过探针插入髋臼 12 点位置检查点以及机器人辅助软件定义的 32 个待探测点, 以确定髋臼和机器人手臂的空间位置, 注册完成后机器人手臂可手动安置在髋臼处, 系统即时反映并引导机器人手臂完成髋臼研磨。⑥ 髋臼杯放置: 研磨完成后, 将预定型号髋臼杯安装到机器人手臂上后植入。⑦ 股骨假体植入: 股骨准备好后, 测量股骨假体与患者解剖结构的对齐情况, 确认联合前倾角度, 手动植入股骨侧假体。软件可即时反映出假体的位置、角度、腿长和股骨偏心距。检查关节活动度、假体稳定性良好后, 常规冲洗, 缝合关节囊, 逐层关闭切口。

2.4. 术后处理及疗效评价指标

术后采用多模式镇痛方案, 常规使用静脉镇痛泵和非甾体类靶向镇痛药, 必要时加用阿片类镇痛药。给予头孢唑林钠静滴抗感染治疗, 头孢过敏者给予克林霉素磷酸酯, 术中应用 1 次, 术后应用 3 次。术后第 1 天开始应用低分子肝素皮下注射预防下肢深静脉血栓形成。嘱患者在床上尽早进行踝泵等下肢主动活动, 降低血栓形成风险。术后第 1 天即可扶双拐下肢活动, 患肢部分负重。

记录两组手术时间、手术并发症发生情况。采用 Harris 髋关节评分、WOMAC 指数及遗忘关节评分评价髋关节功能; 通过骨盆正位 X 线片测算双下肢长度差, 术侧肢体长于对侧取正值, 短于对侧取负值, 取绝对值计算其平均值。术后行髋关节 CT 三维重建, 测量的髋臼假体外展角、前倾角, 并与术前计划值进行比较。

2.5. 统计学方法

通过 His 病例系统收集患者的基本信息,包括性别、年龄、身高、体重、BMI、手术持续时间、下肢长度差及术后影像学资料等。随访时的 Harris 髋关节评分、WOMAC 指数及遗忘关节评分等指标都由同一人员进行评分并统计,以上数据结果以平均值 \pm 标准差的形式给出。满足正态分布的数据使用 Student's t-test 进行比较分析,不满足正态分布的数据采用 Mann-Whitney U 检验进行分析,计数资料采用卡方检验或 Fisher's precision probability test 进行分析,所有数据分析均在 IBM SPSS Statistics 27.0 统计软件下进行, $P < 0.05$ 被认为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 手术一般结果

组中患者均在 MAKO 机械臂辅助下顺利完成手术,切口愈合良好,且均获得随访。DDH 组手术时间为 (101.54 ± 11.79) min (范围 80~120 min),与 AVN 组手术时间为 (97.59 ± 16.88) min (范围 65~125 min) 相比,手术时间差异无统计学意义($t = 0.762, P = 0.450$)。所有病例完成在术后 3 个月、6 个月门诊随访,各组患者无术中、术后并发症发生。

3.2. 影像学位置

DDH 组患者下肢长度差为 (3.95 ± 2.86) mm (范围 0.02~9.87 mm),与 AVN 组下肢长度差 (3.71 ± 2.71) mm (范围 0.00~13.00 mm) 相比,差异无统计学意义($t = 0.263, P = 0.794$, 见表 2)。

Table 2. Comparison of postoperative imaging parameters between the DDH group and the AVN group
表 2. DDH 组与 AVN 组患者术后影像学参数的比较

组别	下肢长度差 (mm)	髋白外展($^{\circ}$)	髋白前倾($^{\circ}$)	偏心距差 (mm)	髋白外展与 术前计划差 值($^{\circ}$)	髋白前倾 与术前计 划差值($^{\circ}$)	髋白假体在 Lewinnek 安 全区放置率 (%)	髋白假体在 Callanan 安 全区放置率 (%)
DDH 组	3.95 ± 2.86	43.62 ± 2.57	15.41 ± 4.67	4.82 ± 2.83	3.85 ± 2.18	3.17 ± 3.32	90.9	84.6
AVN 组	3.71 ± 2.71	41.62 ± 4.77	12.78 ± 4.75	4.98 ± 3.82	3.67 ± 2.61	3.82 ± 3.54	89.7	65.5
统计值	$t = 0.263$	$t = 1.419$	$t = 1.671$	$t = 0.133$	$t = 0.216$	$t = 0.559$	$\chi^2 = 0.014$	$\chi^2 = 1.604$
	$P = 0.794$	$P = 0.164$	$P = 0.102$	$P = 0.895$	$P = 0.830$	$P = 0.579$	$P = 0.906$	$P = 0.205$

DDH 组患者术后偏心距差为 (4.82 ± 2.83) mm,与 AVN 组术后偏心距差 (4.98 ± 3.82) mm 相比,差异无统计学意义($t = 0.133, P = 0.895$)。

DDH 组患者术后测量髋白假体外展角度为 $(43.62 \pm 2.57)^{\circ}$,AVN 组患者术后测量髋白假体外展角度为 $(41.62 \pm 4.77)^{\circ}$,组间差异无统计学意义($t = 1.419, P = 0.164$)。DDH 组与 AVN 组术后测量髋白假体外展角度与术前计划的差值分别为 $(3.85 \pm 2.18)^{\circ}$ 和 $(3.67 \pm 2.61)^{\circ}$,差异无统计学意义($t = 0.216, P = 0.830$, 见表 2)。

DDH 组患者术后测量髋白假体前倾角度为 $(15.41 \pm 4.67)^{\circ}$,AVN 组患者术后测量髋白假体前倾角度为 $(12.78 \pm 4.75)^{\circ}$,组间差异无统计学意义($t = 1.671, P = 0.102$)。DDH 组与 AVN 组术后测量髋白假体前倾角度与术前计划的差值分别为 $(3.17 \pm 3.32)^{\circ}$ 和 $(3.82 \pm 3.54)^{\circ}$,差异无统计学意义($t = 0.559, P = 0.579$, 见表 2)。

DDH 组髌臼假体在 Lewinnek 安全区的放置率为 90.9%，AVN 组为 89.7%，组间差异无统计学意义 ($P = 0.906$)。DDH 组髌臼假体角度在 Callanan 安全区的比例为 84.6%，而 AVN 组比例为 65.52%，组间差异无统计学意义 ($P = 0.205$ ，见表 2)。

3.3. 髌关节功能

术后 3 个月及术后 6 个月两组患者 Harris 髌关节评分均较术前显著改善 ($P < 0.001$)，组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$ ，见表 3)。RTHA1 组与 RTHA2 组术后 6 个月与术前相比改善值分别为 (36.23 ± 5.13) 分和 (37.14 ± 5.81) 分，差异无统计学意义 ($t = 0.484$, $P = 0.616$)。

术后 3 个月及术后 6 个月两组患者 WOMAC 指数均较术前显著改善 ($P < 0.001$)，组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$ ，见表 3)。RTHA1 组与 RTHA2 组术后 6 个月与术前相比改善值分别为 (48.62 ± 11.84) 分和 (45.72 ± 8.94) 分，差异无统计学意义 ($t = 0.875$, $P = 0.387$)。

术后 3 个月及 6 个月两组患者遗忘关节评分呈升高趋势，组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$ ，见表 3)。

Table 3. Comparison of postoperative function scores between DDH group and AVN group

表 3. DDH 组与 AVN 组术后功能评分的比较

组别	Harris 髌关节功能评分		WOMAC 指数		遗忘关节评分	
	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 3 个月	术后 6 个月
DDH 组	87.15 ± 2.996	89.46 ± 4.196	30.15 ± 8.122	25.85 ± 8.454	70.54 ± 3.230	74.62 ± 3.015
AVN 组	85.76 ± 3.916	90.38 ± 3.649	31.97 ± 8.060	26.45 ± 6.406	72.41 ± 5.275	75.00 ± 4.464
统计值	$t = 1.141$	$t = 0.720$	$t = 0.672$	$t = 0.255$	$t = 1.413$	$t = 0.327$
	$P = 0.261$	$P = 0.476$	$P = 0.506$	$P = 0.800$	$P = 0.166$	$P = 0.746$

4. 讨论

机械臂辅助全髌关节置换术在国外已兴起多年且技术逐步成熟，本中心在 2021 年引入 MAKO 手术机器人后，也逐步开展了 MAKO 机械臂辅助全髌关节置换术的相关探索及应用。在既往的研究中，关注的重点主要集中于机械臂辅助技术相较于传统手工全髌关节置换术，其在手术操作、假体放置及术后功能恢复等方面的优越性。在本研究中，我们将 MAKO 机械臂辅助全髌关节置换术在不同类型髌关节疾病中的表现进行了比较。研究结果显示，在面对不同类型的髌关节疾病时，MAKO 机械臂辅助全髌关节置换术的可操作性和安全性没有差异；机器人辅助技术手术的精确性良好，能带来一定的临床指标改善，主要体现在更准确的髌臼假体角度和更小的下肢长度差上，而在术后早期功能方面两种疾病没有差异。

4.1. MAKO 机械臂辅助技术的可操作性及安全性

MAKO 机械臂辅助技术相较于传统手工全髌关节置换术，存在学习曲线的问题，这导致了 MAKO 机械臂辅助手术的时间相对延长[10]。但随着操作者熟练程度的提高，手术时间会逐步缩短。在 Redmond [11] 的研究中，机械臂辅助手术的学习曲线在 35 例之后手术时间明显减少，在国内的一项回顾性研究中，手术者的学习曲线在第 14 例进入熟练阶段[12]。而在面对不同类型疾病的挑战时，MAKO 机械臂的表现稳定，手术时间无统计学差异。

在本研究中，MAKO 机械臂辅助技术的安全性稳定，即使面对不同疾病的挑战，也未带来更高的并

发症风险。良好的手术技术、合适的假体选择和科学的围术期管理是有效避免术中及术后并发症的重要因素。在术前, MAKO 机械臂辅助技术有基于 CT 的三维手术计划, 提前选择好合适的假体, 避免假体型号不良导致的术中骨折的发生。在手术过程中, MAKO 系统可以通过注册定位在显示屏上展现髋关节的三维重建模型, 帮助术者实时观测, 在面对复杂髋关节置换术及各种原因导致的手术视野不佳时作用更加突出。而 MAKO 机器人在髋臼磨削和髋臼假体的安装上, 通过半自动机械臂的限制、反馈系统和显示屏控制摆锯、锉刀和假体的实时位置, 实现精准的截骨、磨削和假体放置。

4.2. MAKO 机械臂辅助技术的精准性

在本研究中, MAKO 手术计划的髋臼外展角及前倾角固定为 40° 和 15° , 通过术后髋关节 CT 三维重建对髋臼假体位置进行测量。两组患者术后影像显示, 两组间术后假体放置角度的大小和与术前计划的差值均无显著差异。

在 DOMB [13] 等人的研究中, 机械臂辅助技术在假体放置方面具有明显的优势。其假体放置在 Lewinnek 安全区的比例为 98%, 而传统手工组为 80%。在面对 Callanan 安全区时, 机械臂辅助和传统手工的放置率分别为 92% 和 62%。在本研究中, DDH 组髋臼假体在 Lewinnek 安全区的放置率为 90.9%, AVN 组为 89.7%, 组间差异无统计学意义。DDH 组臼假体角度在 Callanan 安全区的比例为 84.6%, 而 AVN 组比例为 65.5%, 尽管 AVN 组比例较小, 但差异无统计学意义。经分析, 造成这种差异的原因可能与有以下 2 个原因: ① 学习曲线问题: 在机械臂辅助技术开展早期, 术者在学习曲线的初步阶段存在操作不熟练、流程不熟悉、注册不准确等问题, 对机械臂辅助技术的把握性不高, 导致早期患者假体位置定位的准确性低于预期。② 患者比例: 接受髋关节置换的患者多为股骨头缺血性坏死患者, 先天性髋关节发育不良患者较少, 而大部分先天性髋关节发育不良患者在接受手术时, 术者已具备一定的熟练程度, 甚至学习曲线进入熟练阶段。

即使面对不同类型的髋关节疾病, 在恢复肢体长度方面, MAKO 机械臂辅助技术优势依旧稳定。Redmond 团队的一项研究表明, MAKO 机械臂辅助技术可以获得平均小于 0.5 cm 的下肢长度差, 最大者也不到 1 cm [11]。在本研究中。仅 AVN 组 1 例患者下肢长度差超过 1 cm, 其余患者结果与既往研究相符, 组间差异无统计学意义, 且术后下肢长度差更小。

4.3. 髋关节功能评价

在既往研究中, 机械臂辅助技术展示了良好的早期效果[14], 本研究结果与上述研究一致, MAKO 机械臂辅助全髋关节置换术处理不同类型髋关节疾病时, 两组患者术后 3 个月、6 个月的 Harris 髋关节功能评分和 WOMAC 指数均较术前显著改善, 遗忘关节评分呈升高趋势。

5. 研究局限性

① 本研究在前瞻性纳入临床数据资料时, 必然存在偏倚; ② 在测量影像学数据时, 本研究采取了 3 次测量取平均值的方法, 但只能尽可能降低测量误差, 无法根本避免; ③ 手术患者较少, 导致机械臂辅助全髋关节置换术组样本量较小, 可能影响统计效能。④ 随访时间较短, 部分患者髋关节功能未完全恢复, 也无法了解机械臂辅助全髋关节置换术组患者的中远期并发症情况及远期疗效。

6. 结论

综上所述, MAKO 机械臂辅助全髋关节置换术在面对 DDH 和 AVN 两种疾病时其操作性、安全性、精准性等表现稳定, 具有良好的早期疗效。

参考文献

- [1] Soederman, P., Malchau, H. and Herberts, P. (2000) Outcome after Total Hip Arthroplasty: Part I. General Health Evaluation in Relation to Definition of Failure in the Swedish National Total Hip Arthroplasty Register. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, **71**, 354-359. <https://doi.org/10.1080/000164700317393330>
- [2] Kong, X., Yang, M., Li, X., et al. (2020) Impact of Surgeon Handedness in Manual and Robot-Assisted Total Hip Arthroplasty. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **15**, Article No. 159. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-01671-0>
- [3] Ellapparadja, P., Mahajan, V., Atiya, S., et al. (2016) Leg Length Discrepancy in Computer Navigated Total Hip Arthroplasty—How Accurate Are We? [J]. *Hip International the Journal of Clinical & Experimental Research on Hip Pathology & Therapy*, **26**, 438-443. <https://doi.org/10.5301/hipint.5000368>
- [4] Zengerink, I., et al. (2016) Hip Arthroplasty Malpractice Claims in the Netherlands: Closed Claim Study 2000-2012. *Journal of Arthroplasty*, **31**, 1890-1893.E4. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2016.02.055>
- [5] Lewinnek, G.E., Lewis, J.L., Tarr, R., et al. (1978) Dislocations after Total Hip-Replacement Arthroplasties. *JBJS*, **60**, 217-220. <https://doi.org/10.2106/00004623-197860020-00014>
- [6] Bahadori, S., Wainwright, T.W., Subramanian, P., et al. (2019) A Review of the Evolution of Robotic-Assisted Total Hip Arthroplasty. *Hip International*, **29**, 232-238. <https://doi.org/10.1177/1120700019828286>
- [7] Tarwala, R. and Dorr, L.D. (2011) Robotic Assisted Total Hip Arthroplasty Using the MAKO Platform. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, **4**, 151-156. <https://doi.org/10.1007/s12178-011-9086-7>
- [8] Illgen, R.L., Bukowski, B.R., Abiola, R., et al. (2017) Robotic-Assisted Total Hip Arthroplasty: Outcomes at Minimum Two-Year Follow-Up. *Surgical Technology International*, **30**, 365-372.
- [9] Kayani, B., Konan, S., Huq, S.S., et al. (2021) The Learning Curve of Robotic-Arm Assisted Acetabular Cup Positioning during Total Hip Arthroplasty. *Hip International: The Journal of Clinical and Experimental Research on Hip Pathology and Therapy*, **31**, 311-319. <https://doi.org/10.1177/1120700019889334>
- [10] Steppacher, S.D., Kowal, J.H. and Murphy, S.B. (2011) Improving Cup Positioning Using a Mechanical Navigation Instrument. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, **469**, 423-428. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1553-8>
- [11] Redmond, J.M., et al. (2015) The Learning Curve Associated with Robotic-Assisted Total Hip Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, **30**, 150-154. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2014.08.003>
- [12] Kong, S.P., Yang, M.Z., Jerabek, S., et al. (2020) A Retrospective Study Comparing a Single Surgeon's Experience on Manual versus Robot-Assisted Total Hip Arthroplasty after the Learning Curve of the Latter Procedure—A Cohort Study. *International Journal of Surgery (London, England)*, **77**, 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2020.03.067>
- [13] Domb, B.G., Bitar, Y.F.E., Sadik, A.Y., et al. (2014) Comparison of Robotic-Assisted and Conventional Acetabular Cup Placement in THA: A Matched-Pair Controlled Study. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, **472**, 329-336. <https://doi.org/10.1007/s11999-013-3253-7>
- [14] Hartigan, D.E., Perets, I., Walsh, J.P., et al. (2016) Clinical Outcomes of Hip Arthroscopy in Radiographically Diagnosed Retroverted Acetabula. *The American Journal of Sports Medicine*, **44**, 2531-2536. <https://doi.org/10.1177/0363546516652615>