Science Research
2026, Vol. 14, No. 6, pp. 406–418
https://doi.org/10.11648/j.sr.20261406.13

Research Article

Comparison of Prosthesis Position and Lower-Limb Functional Recovery After Total Hip Arthroplasty via the Modified Hardinge and SuperPATH Approaches

Zhichao Wang[1, 2], Bo Wang[1], Run Liu[1], Wei Huang[2], Weiping Ji[1, 3, *]

[1]Lishui People's Hospital, Lishui, China
[2]Longquan People's Hospital, Lishui, China
[3]The Third People's Hospital of Lishui, Lishui, China

Abstract

Purpose: To compare prosthesis position, lower-limb reconstruction, and functional recovery after primary unilateral total hip arthroplasty (THA) via the modified Hardinge or SuperPATH approach, focusing on longitudinal changes in balance and joint position sense (JPS). *Materials and Methods:* This retrospective study included 93 patients who underwent primary unilateral THA between October 2022 and October 2025. Forty-six patients received the SuperPATH approach and 47 received the modified Hardinge approach. Baseline data, postoperative radiographic measures, 6-minute walking distance, activities of daily living, and hip range of motion at 6 months were collected. Berg Balance Scale (BBS) scores and JPS errors were assessed preoperatively and at 1, 3, and 6 months postoperatively. Two-way repeated-measures analysis of variance was used for longitudinal outcomes. Welch's t test with Holm adjustment was used for single-time-point comparisons. *Results:* Baseline age, BMI, sex, operative side, and ASA grade were comparable. The SuperPATH group had a slightly lower preoperative BBS score and smaller JPS error (Bonferroni-adjusted P=0.026 and 0.011, respectively). Significant group-by-time interactions were found for BBS [$F(2.506, 228.048)=40.554$, $P<0.001$; partial $\eta^2=0.308$] and JPS [$F(2.658, 241.909)=387.809$, $P<0.001$; partial $\eta^2=0.810$]. The SuperPATH group had higher BBS scores at 1 and 6 months and smaller JPS errors at 1 and 3 months; the adjusted differences at 3 months for BBS and at 6 months for JPS were not significant. The side-to-side femoral offset difference was smaller in the SuperPATH group (Holm-adjusted P=0.029). At 6 months, walking distance, daily living function, external rotation, and flexion were comparable; internal rotation was 2.46° greater in the SuperPATH group (Holm-adjusted P=0.042). *Conclusion:* Both approaches achieved satisfactory prosthesis positioning and functional recovery. The SuperPATH approach may facilitate early sensorimotor recovery, but the retrospective design and small baseline differences require prospective confirmation.

Keywords

Total Hip Arthroplasty, SuperPATH Approach, Modified Hardinge Approach, Balance, Joint Position Sense

*Correspondence: Weiping Ji (2276085@vip.Sina.com)

Received: 19 August 2026; **Accepted:** 15 October 2026; **Published:** 10 November 2026

Copyright: © The Author(s), 2026. Published by Science Publishing Group. This is an **Open Access** article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

改良 Hardinge 入路与 SuperPATH 入路行全髋关节置换术后假体位置及下肢功能恢复的对比研究

王治超[1,2]，王波[1]，刘润[1]，黄威[2]，季卫平[1,3*]

[1] 丽水市人民医院，丽水市，中国

[2] 龙泉市人民医院，丽水市，中国

[3] 丽水市第三人民医院，丽水市，中国

摘要

目的：比较改良 Hardinge 入路与 SuperPATH 入路行初次单侧全髋关节置换术（THA）后的假体位置、下肢重建及功能恢复，重点观察平衡功能与关节位置觉（JPS）的纵向变化。材料与方法： 回顾性纳入 2022 年 10 月至 2025 年 10 月行初次单侧 THA 患者 93 例，SuperPATH 组 46 例、改良 Hardinge 组 47 例。收集基线资料、影像学指标及术后 6 个月步行、日常生活活动能力和髋关节活动范围；于术前及术后 1、3、6 个月评估 Berg 平衡量表（BBS）和 JPS 误差。采用重复测量方差分析、Welch t 检验及 Holm 校正。结果：两组基线年龄、BMI、性别、手术侧别及 ASA 评分可比；SuperPATH 组术前 BBS 略低、JPS 误差略小（Bonferroni 校正 P=0.026、0.011）。BBS 和 JPS 的组别×时间交互均有统计学意义（P<0.001）。SuperPATH 组术后 1、6 个月 BBS 较高，术后 1、3 个月 JPS 误差较小；术后 3 个月 BBS 及术后 6 个月 JPS 差异无统计学意义。SuperPATH 组股骨偏心距侧间差较小（Holm 校正 P=0.029），术后 6 个月内旋活动范围高 2.46°（Holm 校正 P=0.042），其余 6 个月功能指标相近。结论： 两种入路均可获得满意的假体位置和功能恢复；SuperPATH 可能促进早期感觉运动恢复，但需前瞻性研究验证。

关键词

全髋关节置换术，SuperPATH 入路，改良 Hardinge 入路，平衡功能，关节位置觉

1. 引言

人工全髋关节置换术（THA）能够有效缓解终末期髋关节疾病患者的疼痛并改善关节功能，是目前最成熟的关节重建手术之一[1, 2]。我国老龄化进程逐渐加快，THA数量持续增长，如何通过优化手术入路促进患者早期功能恢复成为当前关节外科关注重点。随着患者对术后早期活动和生活质量的要求提高，临床评价已由假体生存和并发症逐步扩展到步行、平衡和日常活动恢复能力的提升[3]。手术入路决定了术中显露方式及髋周软组织的处理范围，因此可能影响患者早期疼痛、肌力和负重能力[4, 5]。改良Hardinge入路显露充分、操作路径熟悉，但需要处理臀中肌前部及臀小肌止点，术后早期应关注外展肌功能[6, 7]。临床随访显示，该入路可获得较稳定的中短期疗效[8]。SuperPATH入路经上方肌间隙完成股骨和髋臼操作，尽量保留外展肌、短外旋肌及部分关节囊，其临床应用主要着眼于减少组织损伤和促进早期康复[9-15]。

围绕这两种入路的直接比较，现有文献并未形成“某一入路始终占优”的结论。Shen等[16]的随机研究中，SuperPATH患者在术后早期疼痛和功能方面恢复较快，但这种差距在6～12个月随访时已明显收窄。随后发表的Meta分析及前瞻性研究同样把优势更多指向切口长度、失血量和部分早期功能结局；至于假体位置、并发症和中期功能，两组结果并不稳定[17-20]。将多种入路同时纳入的网络Meta分析也显示，各结局指标下的排序会发生变化，说明病例构成、术式细节和术者经验均可能影响比较结果[21]。

不同病因、术前肌肉状态和康复条件下，入路对功能恢复的影响并不完全相同。有关肌肉萎缩、步态和等速肌

力的研究表明，THA术后髋周肌力可随康复逐步改善，早期存在的入路差异未必持续到中期[22-26]。系统评价对SuperPATH、直接前方及传统入路的比较同样认为，较一致的证据主要集中在早期恢复，而长期优势仍不确定[27-30]。直接前方、前外侧和改良Hardinge入路的临床比较也说明，软组织处理方式、患者体型及关节囊修复均会影响结果[31-33]。目前关于THA入路影响术后恢复的研究多集中于疼痛、Harris评分及肌力等传统指标，而针对动态平衡能力和感觉运动控制恢复过程的纵向研究仍较缺乏。

从解剖暴露和软组织处理来看，改良Hardinge与SuperPATH代表了差异明确、又具有现实可比性的两种技术取向：两者均在本中心同期用于初次单侧THA，病例按统一标准筛选，适应证具有一定交集；前者显露直接、操作稳定，后者则尽量保留外展肌及髋周组织连续性。选择二者比较，可以在相近的病例来源及围手术期条件下观察不同软组织处理方式是否影响早期平衡、关节位置觉及假体重建，而不是对所有THA入路作绝对排序。已有研究多以切口、失血、住院时间及常用髋关节评分为结局，较少在同一队列中连续观察平衡、关节位置觉和假体重建。尤其是患者术后先下降还是持续改善、两组恢复速度何时出现差异，单一随访时点难以回答。基于此，本研究回顾性纳入接受初次单侧THA的患者，同时评价股骨柄对线、双下肢长度差和偏心距，并比较术前及术后1、3、6个月BBS与JPS的变化；术后6个月的步行、日常生活活动及髋关节活动范围作为补充结局。研究目的在于描述两种入路的恢复特点，并据此讨论入路选择和康复侧重点。

2. 材料与方法

2.1. 研究设计、报告规范与研究对象筛选

本研究为单中心回顾性队列研究，论文报告参照STROBE队列研究声明及RECORD常规医疗数据报告建议[34, 35]。研究资料来自丽水市人民医院电子病历、影像系统和常规随访记录，按患者实际接受的手术入路进行分组。

研究人员在病案系统中检索研究时段内接受初次单侧THA的患者，并逐例核对住院病历、手术记录、术前和术后影像以及随访资料。病例筛选以诊断、既往手术史、全身情况以及资料完整性为主要依据，符合标准者进入最终分析。

纳入标准：

（1）临床表现与影像学资料共同支持终末期髋关节疾病诊断，且具有首次单侧全髋关节置换术指征；

（2）住院病历、手术影像及随访记录能够完整核查；

（3）已按既定康复方案完成术前和术后1、3、6个月的功能评估；

（4）患髋不存在会明显干扰常规置换或影像测量的严重畸形、显著短缩及大范围骨缺损。

排除标准：

（1）髋部症状主要由类风湿性关节炎、感染性关节炎等非本研究目标病因所致；

（2）既往接受过半髋关节置换、髋关节镜等患髋手术；

（3）合并未得到有效控制的严重心、肺、肾等系统性疾病，因而不能耐受手术或完成康复；

（4）存在脑卒中、帕金森病等可明显干扰下肢运动、平衡或本体感觉评价的中枢神经系统疾病。

2.2. 研究对象与资料来源

研究共纳入2022年10月至2025年10月在丽水市人民医院接受初次单侧THA的患者93例。根据手术记录，SuperPATH组46例，改良Hardinge组47例。收集人口学资料、ASA评分、手术侧别、影像学测量值以及术前和术后1、3、6个月功能随访结果。

所有病例均按相同的纳入和排除标准进行筛选。研究数据录入后再次与病历、原始影像及随访记录核对，发现疑义时以原始记录为准。最终纳入的93例患者均具有本研究主要指标所需的完整记录。

2.3. 手术流程

2.3.1. 改良 Hardinge 入路

1) 体位与术区准备：全身麻醉成功后，患者取健侧卧位，妥善固定骨盆，患肢保持可自由活动。常规消毒患侧髋部及患肢，铺无菌巾并粘贴手术切口保护膜。
2) 外侧显露：以股骨大转子为中心作髋关节外侧纵行切口，向近端和远端适当延伸，切口长度约13～15 cm。依次切开皮肤、皮下组织及阔筋膜，沿臀大肌纤维方向适当分开，清理大转子表面的滑囊组织，显露臀中肌止点及股外侧肌近端。
3) 外展肌组织瓣建立：于股外侧肌近端附着部前1/3处切开肌膜，并沿股骨近端向远侧延伸约3～4 cm；于臀大肌大转子附着部下方约1/3处切开相应肌膜，将两处切口弧形连接。辨认臀中肌在大转子处的肌腱止点，于臀中肌前中部约2/3与后部约1/3交界处沿肌纤维方向切开腱膜，将臀中肌前中部约2/3肌腱连同浅层臀大肌附着组织及深层臀小肌前部由大转子止点处向前剥离，形成前方组织瓣，保留臀中肌后部约1/3及其大转子止点。
4) 关节囊处理及股骨颈截骨：根据术中显露情况T形切开前外侧关节囊，显露股骨头颈部。确定截骨平面，使用摆锯完成股骨颈截骨，取出股骨头并修整截骨面。切除影响显露和假体安放的部分增生滑膜、盂唇及髋臼缘骨赘，同时保留可供术毕修复的关节囊组织。

5) 髋臼侧处理：充分显露髋臼，由小到大逐级磨锉髋臼，去除残余软骨，尽量保留软骨下骨及髋臼骨量，并重建接近原生髋关节的旋转中心。确定髋臼组件方向，确认髋臼杯获得可靠的初始压配稳定性后置入最终组件，使用2枚螺钉辅助固定，随后安装髋臼内衬。
6) 股骨侧处理及试复位：调整患肢位置，充分显露股骨近端。确定髓腔入口后，沿股骨髓腔长轴开髓，由小到大逐级锉髓，置入股骨柄及股骨头试模后复位，检查髋关节屈曲、伸展、外展及旋转活动度，评估关节稳定性、软组织张力、双下肢长度及股骨偏心距。确认假体型号、颈长及稳定性合适后取出试模，置入最终股骨柄及股骨头组件，再次复位并检查关节活动度及稳定性。
7) 修复及切口关闭：使用生理盐水彻底冲洗术野并充分止血，修复保留的关节囊。将臀中肌前中部约2/3、臀小肌前部、浅层臀大肌附着组织及股外侧肌近端组织瓣复位，采用不可吸收缝线或经骨缝合方式牢固固定于大转子止点，重点恢复髋外展装置的连续性。随后缝合股外侧肌肌膜、阔筋膜及髋关节周围软组织，留置负压引流，依次缝合皮下组织及皮肤，覆盖无菌敷料。

2.3.2. SuperPATH 入路

（1）体位：在全身麻醉下取健侧卧位。将患髋置于屈曲45°～60°、内旋20°～30°并轻度内收的Home位，足部置于垫枕支架上。完成常规术野消毒、铺单及皮肤保护。

（2）建立上方工作窗：切口起自大转子尖，沿股骨长轴向近端延长约6～8 cm。顺臀大肌纤维钝性进入，以手指辨认臀中肌后缘及梨状肌与臀小肌之间的间隙，再借助Cobb调位器显露臀中肌后缘，形成不需切断外展肌的操作通道。

（3）关节囊处理：以股骨颈鞍部为起点沿切口方向打开关节囊，近端延至距髋臼缘约1 cm处，并向前、后各扩展约1 cm；囊瓣作标记后保留，以便手术结束时修复。处理转子区筋膜后，在关节囊前后分别置入钝头Hohmann拉钩，并将拉钩调整至囊内以维持显露。

（4）股骨侧原位准备：在髋关节尚未脱位时先处理股骨侧。自梨状窝开口，手工建立髓腔入口并以锥形扩孔器扩大近端通道；经入口置入股骨定向针，以远端股骨髁方向校正髓腔轴线。随后在股骨头外侧开槽，结合槽位确定股骨组件前倾方向，再按规格递增的顺序扩锉髓腔，直至髓腔锉在股骨峡部获得稳定。最终型号确定后卸下手柄，将髓腔锉留在原位作为股骨侧试模和截骨参照；其后完成股骨颈原位截骨，取出股骨头并切除圆韧带。

（5）髋臼侧准备与试组配：牵开股骨，清除髋臼内妨碍磨锉的组织，并处理盂唇和横韧带。动力杆由经皮辅助口进入，髋臼锉从主切口装配，按直径递增的顺序完成髋臼磨锉。依据最终磨锉尺寸置入臼杯，并利用三孔标志将螺钉区调整至臼顶约11～1点钟方向；必要时以手指确认孔位后完成固定。安装内衬后选择相应的颈部与头部试模：颈部试模与髓腔内留置组件连接，头部试模先置于臼杯内并使开口朝向上后方，再借骨钩和T形手柄完成二者连接及试复位。

（6）最终植入与切口关闭：在试复位状态下检查肢体长度、关节活动范围、稳定性及有无撞击。达到预期后置入最终股骨柄和股骨头，并再次复位确认。冲洗、止血并修复关节囊，留置负压引流；随后逐层关闭臀大肌筋膜、皮下组织及皮肤，覆盖局部敷料。

2.4. 围手术期管理与康复

两组患者均按照本院同期THA围手术期常规接受镇痛、血栓预防、早期活动和分阶段功能锻炼。康复内容以踝泵训练、下肢肌力训练、髋关节活动训练、渐进负重及步行训练为主，并根据患者一般情况和假体初始稳定性调整进度。由于本研究采用既往随访资料，康复训练频次及辅助器具停用时间未作为独立观察指标。

2.5. 观察指标与评估方法

2.5.1. 观察指标

主要功能指标为术前及术后1、3、6个月BBS评分和JPS误差。影像学指标包括股骨柄对线角、双下肢长度差、股骨偏心距侧间差及手术侧髋臼偏心距；术后6个月功能指标包括6分钟步行距离、日常生活活动能力评分以及髋关节外旋、屈曲和内旋活动范围。

2.5.2. 平衡及术后 6 个月功能资料

BBS由14个功能项目组成，每项0～4分，总分0～56分，得分越高表示平衡能力越好。6分钟步行距离、日常生活活动能力评分及髋关节活动范围取自术后6个月门诊随访记录。其中，日常生活活动能力仅保留随访数据库原始总分，作为补充性功能指标使用，不作为本研究主要结论的依据。

2.5.3. 影像学测量

在标准骨盆正位片上，以股骨头中心O至股骨干长轴的垂直距离作为手术侧股骨偏心距OB，对侧按相同方法测得OB′，股骨偏心距侧间差取｜OB－OB′｜，单位为cm。分别测量双侧小转子基底至坐骨结节下缘连线的垂直距离DE和FG，双下肢长度差取｜DE－FG｜，单位为mm。股骨柄轴线与股骨干轴线的夹角定义为股骨柄对线角LH。髋臼偏心距以双侧泪滴下缘连线为水平基准，经手术侧泪滴内缘作垂线，测量假体股骨头中心至该垂线的距离，单位为mm。所有长度测量均根据影像放大率进行校正。

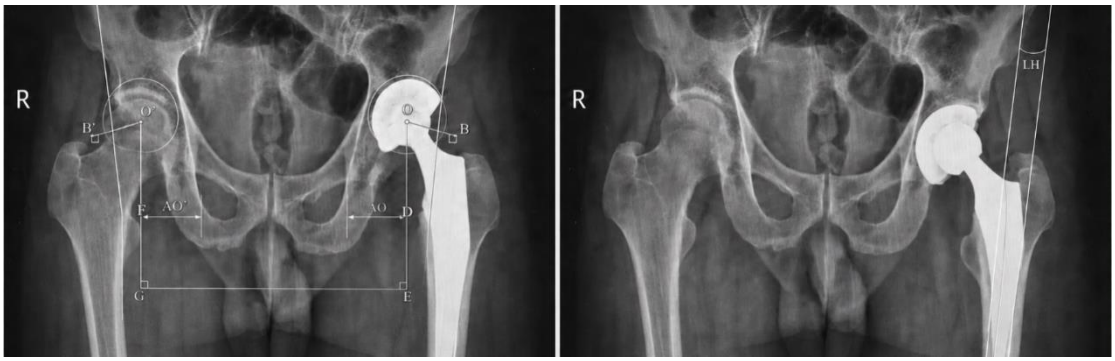


图 1 骨盆正位 X 线影像学测量示意图。

2.5.4. 关节位置觉测试

采用主动角度再现法评价JPS。患者仰卧，骨盆固定，双下肢自然伸直，测试过程中保持受试侧膝关节伸直，避免髋关节旋转和骨盆代偿。检查者先被动将患髋屈曲至45°，让患者记忆该位置，随后将患肢恢复至中立位；患者闭眼主动屈髋，再现其所记忆的目标角度。使用量角器记录实际角度，以实际角度与45°之差的绝对值作为JPS误差。连续测试3次，取平均值作为该时间点结果；误差越小，表示关节位置再现越准确。

2.6. 统计学处理

采用SPSS 26.0软件进行统计分析。连续变量先检查分布及极端值，以均数±标准差表示；单时点组间比较采用Welch独立样本t检验，并报告均数差及95%CI。分类变量以例数和构成比表示，根据理论频数采用Pearson χ^2检验或Fisher确切概率法。影像学4项连续指标和术后6个月5项功能指标分别作为两个比较组，采用Holm法校正多重检验。所有检验均为双侧检验，以P＜0.05为差异有统计学意义。

BBS和JPS均包含术前及术后1、3、6个月4次测量，采用两因素重复测量方差分析。组别为组间因素，时间为组内因素，分析组别效应、时间效应及组别×时间交互作用。采用Mauchly检验评价球形性；不满足球形性时使用Greenhouse-Geisser法校正自由度。交互作用有统计学意义后，比较各时间点的组间差异，并采用Bonferroni法校正。除F值和P值外，同时报告交互作用的偏η^2。

3. 结果

3.1. 基线资料比较

两组患者的性别、年龄、BMI、手术侧别及ASA评分比较，差异均无统计学意义（P＞0.05）。SuperPATH组术前BBS评分低于改良Hardinge组，术前JPS误差亦较小，差异均有统计学意义（P＜0.05），见表1。

表 1 两组患者基线资料比较。

指标	SuperPATH 组（n=46）	改良 Hardinge 组（n=47）	统计值	P 值
年龄（岁）	70.24±5.83	70.85±6.35	t=−0.484	0.629
BMI（kg/m²）	25.21±1.50	25.65±1.73	t=−1.312	0.193
术前 BBS（分）	42.98±1.44	43.76±1.22	t=−2.794	0.006
术前 JPS 误差（°）	2.63±0.34	2.82±0.25	t=−3.089	0.003
性别（男/女）	20/26	20/27	χ^2=0.011	0.918
手术侧（左右）	18/28	22/25	χ^2=0.621	0.431
ASA（分）	2.33±0.52	2.27±0.45	t=0.595	0.553

3.2. 术后假体位置及下肢重建指标

两组股骨柄对线角、双下肢长度差和手术侧髋臼偏心距比较，差异均无统计学意义。SuperPATH组股骨偏心距侧间差为0.42±0.22 cm，改良Hardinge组为0.56±0.28 cm，组间差值为−0.14 cm［95%CI（−0.24～−0.04）］，Holm校正P=0.029。两组股骨柄对线良好率均为100.0%；双下肢长度差≤5 mm者分别为45例（97.8%）和47例（100.0%），差异无统计学意义（表2）。

表 2 两组患者术后假体位置及下肢重建指标比较。

指标	SuperPATH 组(n=46)	改良 Hardinge 组(n=47)	组间差值(95%CI)	t(df)/ 统计量	原始 P 值	Holm P 值
股骨柄对线角(°)	1.75±0.67	1.66±0.68	0.10(−0.18~0.37)	0.685(91.0)	0.495	0.990
双下肢长度差(mm)	2.68±1.42	2.84±1.33	−0.17(−0.73~0.40)	−0.584(90.4)	0.560	0.990
股骨偏心距差(cm)	0.42±0.22	0.56±0.28	−0.14(−0.24~−0.04)	−2.753(86.5)	0.007	0.029
手术侧髋臼偏心距(mm)	35.74±2.32	35.04±2.49	0.70(−0.30~1.69)	1.394(90.8)	0.167	0.500
股骨柄对线良好(≤3°), n(%)	46(100.0)	47(100.0)	—	Fisher 确切概率法	1.000	—
双下肢长度差≤5 mm, n(%)	45(97.8)	47(100.0)	—	Fisher 确切概率法	0.495	—

3.3. 平衡功能与本体感觉的纵向变化

纳入分析的93例患者均有术前和术后1、3、6个月的BBS、JPS记录。BBS在术后1个月降至较低水平，此后回升；JPS误差则于1个月时增大，之后逐次减小。重复测量分析中，BBS与JPS的组别×时间项均达到统计学意义，说明两组在各随访阶段的变化幅度并不相同。

3.3.1. BBS 评分

Mauchly球形性检验显示BBS评分不满足球形性假设（W=0.746，P＜0.001），采用Greenhouse-Geisser法校正（ε=0.835）。重复测量方差分析显示，组别效应［F（1，91）=19.879，P＜0.001］、时间效应［F（2.506，228.048）=2772.264，P＜0.001］及组别×时间交互作用［F（2.506，228.048）=40.554，P＜0.001，偏η^2=0.308］均有统计学意义。SuperPATH组术前BBS评分略低（Bonferroni校正P=0.026），术后1个月和6个月评分较高（校正P均＜0.001）；术后3个月差异经校正后无统计学意义（P=0.064）（表3、图2）。

表 3 两组患者 BBS 评分的重复测量方差分析。

A. 重复测量方差分析结果

效应	分子 df	分母 df	F 值	P 值	备注
组别	1	91	19.879	＜0.001	组间效应
时间	2.506	228.048	2772.264	＜0.001	Greenhouse-Geisser 校正
组别×时间	2.506	228.048	40.554	＜0.001	Greenhouse-Geisser 校正

B. 各时间点均值±标准差及 Bonferroni 校正组间比较

时间	SuperPATH(n=46)	改良 Hardinge(n=47)	t 值	P 值	Bonferroni 校正 P 值
术前	42.98±1.44	43.76±1.22	−2.794	0.006	0.026

时间	SuperPATH(n=46)	改良 Hardinge(n=47)	t 值	P 值	Bonferroni 校正 P 值
术后 1 个月	37.10±1.02	35.20±1.03	8.883	＜0.001	＜0.001
术后 3 个月	42.20±1.12	41.63±1.12	2.456	0.016	0.064
术后 6 个月	48.82±1.13	47.31±1.19	6.291	＜0.001	＜0.001

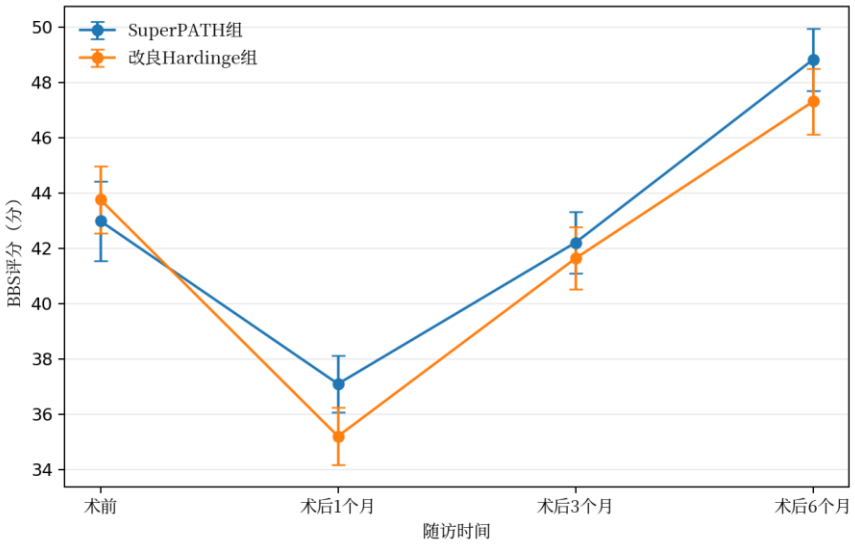


图 2 两组患者 BBS 评分随时间变化（误差线为标准差）。

3.3.2. JPS 误差

Mauchly球形性检验显示JPS误差不满足球形性假设（W=0.823，P=0.004），采用Greenhouse-Geisser法校正（ε=0.886）。结果显示，组别效应［F（1，91）=555.522，P＜0.001］、时间效应［F（2.658，241.909）=2264.259，P＜0.001］及组别×时间交互作用［F（2.658，241.909）=387.809，P＜0.001，偏η^2=0.810］均有统计学意义。SuperPATH组术前JPS误差略小（Bonferroni校正P=0.011），术后1个月和3个月误差亦较小（校正P均＜0.001）；术后6个月两组差异无统计学意义（P=0.670）（表4、图3）。

表 4 两组患者 JPS 误差的重复测量方差分析。

A. 重复测量方差分析结果

效应	分子 df	分母 df	F 值	P 值
组别	1	91	555.522	＜0.001
时间	2.658	241.909	2264.259	＜0.001
组别×时间	2.658	241.909	387.809	＜0.001

B. 各时间点均值±标准差及 Bonferroni 校正组间比较

时间	SuperPATH(n=46)	改良 Hardinge(n=47)	t 值	原始 P 值	Bonferroni 校正 P 值
术前	2.63±0.34	2.82±0.25	−3.089	0.003	0.011
术后 1 个月	4.57±0.37	6.92±0.29	−33.994	＜0.001	＜0.001
术后 3 个月	3.71±0.20	3.87±0.28	−3.115	0.003	0.010

时间	SuperPATH(n=46)	改良 Hardinge(n=47)	t 值	原始 P 值	Bonferroni 校正 P 值
术后 6 个月	3.16±0.19	3.22±0.22	−1.391	0.168	0.670

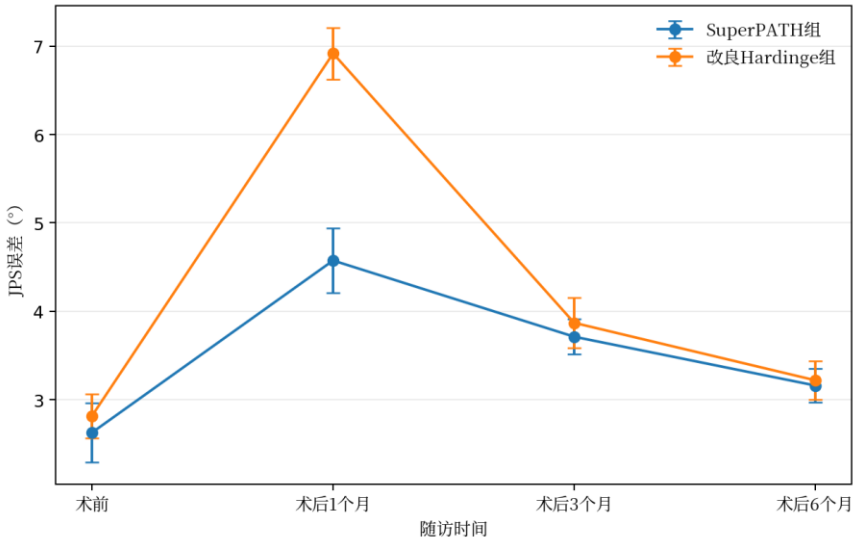


图 3 两组患者 JPS 误差随时间变化（误差线为标准差）。

3.4. 术后6个月活动范围及生活功能

术后6个月，两组6分钟步行距离、日常生活活动能力评分及髋关节外旋、屈曲活动范围比较，差异均无统计学意义。SuperPATH组髋关节内旋活动范围较改良Hardinge组高2.46 °[95%CI（0.65～4.28）]，Holm校正P=0.042（表5）。

表 5 两组患者术后 6 个月活动范围及生活功能比较。

指标	SuperPATH 组(n=46)	改良 Hardinge 组(n=47)	组间差值(95%CI)	t(df)	原始 P 值	Holm P 值
6 分钟步行距离(m)	356.04±22.00	350.81±27.78	5.23(−5.08～15.55)	1.008(87.2)	0.316	0.949
IADL 评分(分)	26.72±3.03	26.26±2.48	0.46(−0.68～1.60)	0.804(86.8)	0.424	0.949
髋关节外旋(°)	34.41±3.15	35.70±4.18	−1.29(−2.81～0.24)	−1.681(85.5)	0.096	0.384
髋关节屈曲(°)	115.46±9.24	114.40±8.11	1.05(−2.53～4.64)	0.583(89.0)	0.561	0.949
髋关节内旋(°)	37.76±4.79	35.30±3.96	2.46(0.65～4.28)	2.699(87.2)	0.008	0.042

注：组间差值按 SuperPATH 组－改良 Hardinge 组计算；连续变量采用 Welch 独立样本 t 检验，5 项功能指标采用 Holm 法校正。日常生活活动能力评分为术后 6 个月随访数据库中的原始总分，仅作补充性比较。

4. 分析与讨论

4.1. 主要研究结果

本研究把假体重建指标与多时点功能测量置于同一队列中分析，关注的是患者“怎样恢复”，而不只是某个随访点的组间高低。选择改良Hardinge与SuperPATH作为比较对象，是因为二者的适应证存在一定交集，而软组织处理路径差异明确；两组病例均来自同一中心同期收治患者，按相同的纳入、排除标准筛选，并接受同期常规康复指导，因而可以较集中地观察不同技术取向与早期感觉—运动功能恢复轨迹之间的关系。术后1个月，两组BBS均较术前下降，JPS误差反而增大；到3个月和6个月，BBS逐步回升，JPS误差相应回落。上述先受影响、后改善的过程，与THA术后早期疼痛、髋周肌肉保护性抑制及负重方式重新调整的临床表现相符。两项指标的组别×时间交互均有统计学意义，SuperPATH组在早期平衡任务和主动角度再现中的表现相对较好；随时间延长，两组差距有所收窄。不过，本研究采用回顾性分组，且BBS、JPS在术前已有小幅差异。因而，交互作用所能说明的是两组变化模式不同，不能据此把观察到的全部差异归因于手术入路。

4.2. 平衡功能的早期恢复

从BBS的分时点结果看，两组的共同特征是术后1个月下降，随后恢复；差别主要体现在下降幅度和后续回升速度。SuperPATH组术前评分略低，但术后1个月反而较高，6个月时仍保留小幅优势。术后3个月的组间比较经Bonferroni校正后未达到统计学意义。因此，与其依据某一次测量给两种入路排序，本研究更倾向于从整个时间序列理解结果：不同入路可能与早期恢复节奏有关，但基线差异和多重比较结果不允许作过强的因果解释。

起立、转身、向前取物、交替踏步和单腿站立等任务均纳入BBS，其得分同时取决于下肢力量、重心转移和姿势控制。改良Hardinge入路经臀中肌前部区域显露，部分病例还需处理臀小肌止点。处于术后修复期时，切口疼痛和外展肌抑制可能削弱单腿支撑及骨盆控制，患者完成转身或踏步时也更容易借助躯干代偿和上肢支撑。SuperPATH从上方肌间隙完成操作，通常不直接破坏主要外展肌结构；这一解剖学差异可解释其早期动态任务表现较好的可能性，但本研究没有直接测量肌力，故仍属于机制推测。

各时点结果并未呈现简单、连续扩大的组间差距：3个月时BBS差异在校正后不显著，6个月又出现约1.52分的差值。这样的非单调变化提示，除入路外，术前功能、疼痛消退速度、康复训练落实情况及量表测量波动都可能参与其中。两组6个月评分已接近量表高分区，BBS的天花板效应也会压缩其区分能力。更重要的是，BBS是综合任务量表，不是髋外展肌力的直接测定；关节活动受限、辅助器具使用和负重信心同样会改变得分。因此，这1.52分首先说明两组完成综合平衡任务的表现仍有小幅差别，其临床重要性以及是否对应真实肌力差异，尚不能由本研究确定。

平衡量表、步态参数与跌倒风险评价的是不同功能层面，THA术后这些指标并不总是同步改善[36-38]。此外，合并骨折的THA患者在平衡、本体感觉及骨骼肌质量方面可能与未合并骨折者存在差异[39]。本研究随访至6个月时，两组BBS均已达到较高水平，虽然组间仍有小幅差异，但仅凭这一量表无法判断患者是否因此减少跌倒或获得更好的日常活动能力。若要回答这一问题，还需同步记录姿势摆动、髋外展肌力、实际跌倒事件及康复依从性，并延长观察时间。

康复方案不宜只按入路名称套用。改良Hardinge患者在早期训练中，可重点观察外展肌激活和骨盆稳定情况，再依据疼痛、步态质量与负重耐受逐步增加训练量。SuperPATH患者早期症状可能较轻，但症状改善并不等同于软组织已经完成修复，仍应避免过快提高活动强度。两组均需根据个体恢复情况动态调整负重与功能练习，而不是用固定时间表替代临床评估。

4.3. 关节位置觉及感觉—运动控制恢复

本研究的JPS来自主动角度再现试验。完成该试验既需要感知关节位置，也需要患者主动控制患肢到达目标角度，因此肌力、运动协调、注意力及对测试指令的理解都会进入测量结果。基于这一特点，将其解释为感觉—运动控制的综合表现较为稳妥。两组JPS误差在术后1个月均增大，之后逐步回落；SuperPATH组在1个月和3个月的误差较小，至6个月时两组已接近。这一结果更支持入路与早期恢复速度有关，而未显示其改变了6个月时的最终恢复水平。

髋关节位置觉并非来源于单一结构，而是来源于关节囊、韧带、肌腱及周围肌肉中的机械感受结构。THA过程中，关节囊处理、股骨头切除、髋臼磨锉以及股骨准备均可能改变原有感觉环境。与此同时，术后疼痛和髋周肌肉抑制也会影响患者主动控制关节位置的能力。

两种入路在外展肌及周围软组织的处理方式上存在差别。改良Hardinge入路术后早期若出现外展肌疼痛、力量下降或保护性收缩，患者主动控制髋关节角度时便可能产生较大误差。SuperPATH经肌间隙操作，对主要外展肌的直接干扰相对较少，因而可能较早建立稳定的主动运动控制。随着切口和软组织修复、神经肌肉适应以及训练推进，改良Hardinge组的角度再现能力也逐渐改善，两组差距在后期缩小。由于本研究没有同步进行定量肌力或肌电测试，上述解释仍需以机制研究加以验证。

术后6个月时，两组JPS误差均接近3.2°，且组间差异无统计学意义，提示经过充分组织修复和功能训练后，两种入路患者均可达到相近的本体感觉恢复水平。国内相关

研究亦报道过类似趋势[40]，即不同入路可能影响术后早期本体感觉恢复过程，但随着恢复时间延长，组间差异逐渐减弱。需要注意的是，本研究术前JPS已存在轻度组间差异，同时不同入路涉及的软组织结构不同，因此相关结果更适用于解释恢复轨迹差异，而不能简单认为某一入路具有绝对的本体感觉保护优势。

结合本研究结果，SuperPATH组术后1个月及3个月JPS误差较小，提示其可能有利于术后早期感觉—运动控制恢复。但由于术前存在一定差异，且JPS测试本身受到多因素影响，因此更准确的结论应为两种入路患者本体感觉恢复轨迹存在差异，而非某一入路能够完全改善本体感觉功能。

4.4. 假体位置及下肢重建

两组股骨柄对线角、双下肢长度差和髋臼偏心距差异均无统计学意义，绝大多数患者双下肢长度差控制在5 mm以内。这说明在本研究团队的手术条件下，两种入路均可获得较稳定的假体对线和肢体长度重建。本研究两组患者相关指标均达到较高水平，说明随着术者经验积累和手术技术规范化，不同入路之间在假体基本位置控制方面的差异可能逐渐缩小。需要指出的是，由于本研究采用组间差异性检验，而未进一步进行等效性或非劣效性检验，因此不能简单认为两种入路在假体位置重建方面具有统计学等效性。下肢长度评价仍需结合结构性和功能性因素以及患者主观感受[41]。

SuperPATH组股骨偏心距侧间差较改良Hardinge组小1.4 mm。偏心距影响外展肌力臂和软组织张力，明显重建不足可能造成肌力下降或步态代偿[42, 43]。Ryan等[44]的步态研究提示，手术入路和偏心距重建均可能影响部分步态参数，但较小的偏心距差异未必形成可观察的功能改变。本研究的1.4 mm差值虽然达到统计学意义，其大小不足以单独解释BBS和JPS的早期差别。造成两组股骨偏心距差异的原因可能与不同入路对术中解剖暴露和软组织张力恢复方式存在一定关系。SuperPATH入路由于减少对髋周软组织结构的干扰，理论上可能有利于维持术中解剖关系和软组织平衡，从而减少偏心距重建偏差。

普通骨盆正位片容易受到骨盆旋转、倾斜和影像放大率影响，毫米级差异尤其需要谨慎。关于术中测量、导航和机器人辅助技术的研究表明，提高测量精度有助于控制杯位、下肢长度和偏心距，但尚未稳定转化为更好的临床结局[45-48]。体位变化本身也会改变影像测量值。结合本研究结果，在经验丰富术者和规范化操作条件下，SuperPATH与改良Hardinge入路均能够实现良好的假体位置恢复，而两种入路对术后功能恢复的影响可能更多体现在早期软组织保护及功能恢复轨迹方面，而非假体位置本身。

4.5. 术后 6 个月功能结果

术后6个月，两组6分钟步行距离、日常生活活动能力以及髋关节外旋和屈曲活动范围均无明显差异。SuperPATH组内旋活动范围平均高2.46°，但差值较小，且目前缺乏THA患者内旋活动度公认的最小临床重要差异。该结果可作为后续研究线索，不宜据此概括为SuperPATH在术后6个月仍具有全面功能优势。

术后3～6个月是髋周肌肉修复和步态重新建立的重要阶段，改良Hardinge组早期受到的外展肌抑制可随愈合和训练逐步改善。6分钟步行距离还会受到年龄、心肺耐力和对侧肢体情况影响，单一入路的作用相对有限。动态髋关节活动与被动活动度和肌力之间存在联系[49]，而SuperPATH中期随访资料也显示其功能结果总体稳定[50]。这些证据与本研究多数6个月指标趋同的表现相符。

4.6. 临床意义

BBS和JPS均显示显著的组别×时间交互作用，说明两组变化过程不同。由于两项指标在术前已存在幅度较小的组间差异，交互作用应结合各时间点差值及其临床大小解释，不能仅依据F值或P值推断入路的因果效应。统计学差异是否具有临床意义，还要看患者能否更早独立行走、停用辅助器具或降低跌倒风险。对软组织条件合适、希望较早恢复活动且术者已熟练掌握技术的患者，SuperPATH可作为一种选择。对于肥胖、股骨近端畸形、显露困难或需要复杂重建的患者，改良Hardinge入路仍具有显露充分、操作可靠的优势。临床选择应结合患者解剖、病因、骨质情况和术者经验，而不宜只依据术后1～3个月量表差异。因此，合理的入路选择应建立在患者个体特点和术者技术基础之上，而不是单纯追求某一种手术方式。

4.7. 研究局限性

本研究采用单中心回顾性设计，病例并非随机分配至两种入路，选择偏倚难以完全避免。纳入、排除标准虽统一，但既往病历和随访资料的完整程度取决于原始记录，部分未记录因素仍可能形成信息偏倚。93例样本足以描述主要结局的组间变化，但对低发生率并发症和较小的次要结局差异，检验效能可能不足。研究对象又以髋关节退行性疾病和股骨头坏死为主，因此结论不宜直接外推至股骨颈骨折或需要复杂重建的患者。

结局测量也存在局限。BBS会受到疼痛、肌力和指令理解的影响，主动JPS则同时包含感觉输入与运动输出；两项指标在术前已有小幅但有统计学意义的组间差异，提示回顾性分组并未实现完全的基线平衡。本研究未同步获得VAS、定量外展肌力、姿势摆动及三维步态资料，也未用倾向评分或多变量模型对潜在混杂作进一步校正，因此无法验证推测的作用机制。影像学毫米级测量还可能受摄片体位和重复测量误差影响；日常生活活动能力仅保存总

分，不能分析具体受限项目。髋关节置换术后JPS目前亦缺少公认的最小临床重要差异（MCID）。故角度误差的统计学下降尚不能直接换算为步态改善或跌倒风险降低，后续研究应建立相应MCID，或联合使用已有临床阈值的功能性结局。

所有手术由同一资深骨科团队完成，有利于控制操作差异，但结果也不可避免地带有该团队经验水平的特征。尤其是SuperPATH对术中空间判断、器械配合和股骨侧处理要求较高，处于不同学习阶段的术者未必能够重复本研究结果；复杂解剖病例中的适用性也未得到充分检验。此外，两组接受相同的常规康复指导，本研究没有记录训练剂量或按依从性分层，因而无法分析康复执行情况是否改变入路与功能恢复之间的关系。

本研究最长仅随访至术后6个月，能够反映的是早期至中期恢复，不能回答远期问题。假体磨损、无菌性松动、迟发并发症和假体生存率通常需要更长时间观察；髋周肌力及日常活动能否稳定维持，也不能由现有资料推断。后续研究可设置术后1、2和5年等随访节点，在继续记录功能量表的同时，纳入疼痛变化、影像学磨损、翻修和长期并发症，以判断两种入路早期差异是否会保留或转化为远期获益。

5. 结论

本研究共分析93例患者，两种入路均获得了可接受的假体重建和术后功能结果。BBS与JPS的纵向变化并不完全相同：SuperPATH组术后1个月BBS较高，术后1、3个月JPS误差较小；6个月时BBS仍有约1.52分差值，而JPS已无明显组间差别。考虑到两组术前BBS和JPS即存在小幅差异，这些结果应理解为恢复轨迹的差别，不能仅归因于入路本身。SuperPATH组股骨偏心距侧间差较小，6个月内旋活动范围也较大，但绝对差值有限，是否达到患者可感知的临床获益仍不明确。

结果解释还需考虑学习曲线。SuperPATH对器械使用和有限视野下的空间判断要求较高，术者熟练度可能影响假体安放的准确性与重复性。本研究未观察到与入路直接相关的重大并发症，但93例样本和6个月随访不足以评价远期安全性或假体生存。改良Hardinge组在随访后期与SuperPATH组的部分功能差距缩小，可能与软组织修复、代偿及康复训练有关；由于缺少肌力和肌电资料，本研究不能确认其中的具体机制。

因此，本研究并不支持用单一指标给两种入路作绝对排序。对于解剖条件允许、重视早期活动且手术团队已有稳定技术经验的患者，可以考虑SuperPATH；若预计股骨侧显露困难或需要复杂重建，改良Hardinge的充分显露仍有价值。入路决策应同时考虑病因、骨质、软组织条件、患者目标和术者经验。今后的多中心前瞻性研究还需按病因与术前功能分层，并尽可能统一围手术期康复路径，才能更准确地界定两种技术各自适用的人群。

参考文献

[1] Learmonth ID, Young C, Rorabeck C. The operation of the century: total hip replacement. Lancet. 2007; 370(9597): 1508-1519. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60457-7

[2] Chiang LY, Lin PC. [Follow-Up Study of Joint Function and Quality of Life in Patients After Total Hip Arthroplasty]. Hu Li Za Zhi. 2021; 68(3): 44-53. https://doi.org/10.6224/JN.202106_68(3).07

[3] Campagner A, Millella F, Guida S, et al. Assessment of Fast-Track Pathway in Hip and Knee Replacement Surgery by Propensity Score Matching on Patient-Reported Outcomes. Diagnostics (Basel). 2023; 13(6): 1189. https://doi.org/10.3390/diagnostics13061189

[4] Korytkin AA, El Moudni YM, Novikova YS, et al. A prospective randomised comparison of earlier function after total hip arthroplasty with a mini posterior approach or supercapsular percutaneous-assisted total hip approach: a gait analysis study. Hip Int. 2023; 33(2): 169-177. https://doi.org/10.1177/11207000211018440

[5] Cakmak MF, Bayram S, Birişik F. The effects of modified hardinge approach on hip muscle strength in patients with primary hip arthroplasty: a patient evaluation with isokinetic strength test and gait analyses. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2024; 34(2): 1209-1218. https://doi.org/10.1007/s00590-023-03778-6

[6] Ansari S, Singh SK, Regmi A. Difference in Muscle Strength and Functional Outcome in Direct Lateral Approach versus Posterior Approach in Total Hip Arthroplasty: A Prospective Cohort Study. J West Afr Coll Surg. 2023; 13(1): 6-14. https://doi.org/10.4103/jwas.jwas_258_22

[7] Kushwaha NS, Kumar A, Shukla R, et al. Functional Outcomes and Gait Analysis of Total Hip Arthroplasty Through Lateral Hardinge Approach and Gluteus Medius-Sparing Approach: A Prospective Study. Cureus. 2024; 16(2): e54323. https://doi.org/10.7759/cureus.54323

[8] Obada B, Iliescu DM, Popescu IA. Clinical outcomes of modified direct lateral approach of Hardinge for total hip arthroplasty. Acta Orthop Belg. 2023; 89(4): 625-633. https://doi.org/10.52628/89.4.10942

[9] Hagio K, Aikawa K. Minimally invasive surgery supercapsular percutaneous-assisted total hip (SuperPath) arthroplasty. Acta Biomed. 2023; 94(3): e2023069. https://doi.org/10.23750/abm.v94i3.13922

[10] 孙付杰, 邹士东, 汪明星. SuperPATH 入路与后外侧入路全髋关节置换术对患者炎性反应、髋关节功能及生活质量的影响. 中国基层医药. 2022; 29(2): 271-275. https://doi.org/10.3760/cma.issn1008-6706.2022.02.024

[11] 谢光文, 罗加龙, 张俊. SuperPATH 微创技术在全髋关节置换术中的应用及近期疗效分析. 中华解剖与临床杂志. 2019; 24(5): 470-476. https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2019.05.009

[12] Flevas DA, Tsakotos GA, Benakis LN, et al. The Supercapsular Percutaneously Assisted Total Hip (SuperPATH) Approach Revisited: Technique Improvements after the Perioperative Experience of 344 Cases. Life (Basel). 2022; 12(7): 981. https://doi.org/10.3390/life12070981

[13] 李荣群, 吴铭洲, 周家旺, 等. SuperPATH 入路微创全髋关节置换术 67 例观察. 中华骨与关节外科杂志. 2018; 11(10): 736-741.

[14] 孙茂淋, 何锐, 张颖, 等. SuperPATH 入路微创全髋关节置换术与加速康复. 中华骨与关节外科杂志. 2019; 12(4): 316-320. https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-9958.2019.04.016

[15] 孙彦平, 刘月坤, 崔晓亮, 等. Superpath 全髋置换与全髋关节置换术的疗效、疼痛程度及髋关节功能分析. 中华骨与关节外科杂志. 2017; 10(4): 305-307.

[16] Shen J, Ji W, Shen Y, et al. Comparison of the early clinical efficacy of the SuperPath approach versus the modified Hardinge approach in total hip arthroplasty for femoral neck fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. J Orthop Surg Res. 2023; 18(1): 215. https://doi.org/10.1186/s13018-023-03713-9

[17] Ramadanov N. An Updated Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials on Total Hip Arthroplasty through SuperPATH versus Conventional Approaches. Orthop Surg. 2022; 14(5): 807-823. https://doi.org/10.1111/os.13235

[18] 颜廷题, 田少奇, 王远贺. SuperPATH 与 Hardinge 入路全髋关节置换术早期临床疗效比较. 中国修复重建外科杂志. 2017; 31(1): 17-24. https://doi.org/10.7507/1002-1892.201609110

[19] Tottas S, Tsigalou C, Ververidis A, et al. Supercapsular Percutaneously Assisted total hip arthroplasty versus lateral approach in Total Hip Replacement. A prospective comparative study. J Orthop. 2020; 21: 406-415. https://doi.org/10.1016/j.jor.2020.08.003

[20] Jiang H, Wang LH, Jin YX, et al. Supercapsular percutaneously assisted total hip arthroplasty versus conventional posterior approach: Comparison of early functional results. Acta Orthop Traumatol Turc. 2020; 54(5): 511-515. https://doi.org/10.5152/j.aott.2020.19290

[21] Yan L, Ge L, Dong S. Evaluation of Comparative Efficacy and Safety of Surgical Approaches for Total Hip Arthroplasty: A Systematic Review and Network Meta-analysis. JAMA Netw Open. 2023; 6(1): e2253942. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.53942

[22] Kawano T, Nankaku M, Murao M. Recovery of Muscle Atrophy and Fatty Infiltration in Patients With Acetabular Dysplasia After Total Hip Arthroplasty. J Am Acad Orthop Surg. 2022; 30(3): e317-e326. https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-21-00156

[23] 张兴, 徐中华, 谢华, 等. 高龄股骨颈骨折 SuperPATH 入路髋关节置换的短期随访. 中国组织工程研究. 2019; 23(36): 5777-5781. https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344.1997

[24] Reichert JC, von Rottkay E, Roth F. A prospective randomized comparison of the minimally invasive direct anterior and the transgluteal approach for primary total hip arthroplasty. BMC Musculoskelet Disord. 2018; 19(1): 241. https://doi.org/10.1186/s12891-018-2170-z

[25] Chen IJ, Chou YC, Lai PJ, et al. The modified Hardinge approach is not inferior to trochanteric flip osteotomy for Pipkin type IV femoral head fractures: a comparative study in 40 patients. Eur J Trauma Emerg Surg. 2024; 50(4): 1859-1867. https://doi.org/10.1007/s00068-024-02547-2

[26] Macheras G, Stasi S, Sarantis M, et al. Direct anterior approach vs Hardinge in obese and nonobese osteoarthritic patients: A randomized controlled trial. World J Orthop. 2021; 12(11): 877-890. https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i11.877

[27] Ramadanov N, Bueschges S, Liu K, et al. Comparison of short-term outcomes between direct anterior approach (DAA) and SuperPATH in total hip replacement: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. J Orthop Surg Res. 2021; 16(1): 324. https://doi.org/10.1186/s13018-021-02455-2

[28] Joseph VM, Nagy M, Board TN. Systematic review and meta-analysis on SuperPATH approach versus conventional approaches for hip arthroplasty. Hip Int. 2023; 33(4): 655-663. https://doi.org/10.1177/11207000221099862

[29] Lei P, Liao Z, Peng J, et al. Assessment of the Learning Curve of Supercapsular Percutaneously Assisted Total Hip Arthroplasty in an Asian Population. Biomed Res Int. 2020; 2020: 5180458. https://doi.org/10.1155/2020/5180458

[30] 许瀚, 石波, 代卓君. 髋关节置换术不同入路早期疗效的系统评价. 中华关节外科杂志(电子版). 2019; 13(5): 567-574.

[31] 李科伟, 张乾龙, 孙博. 直接前方入路与改良 Hardinge 入路保留关节囊全髋关节置换术治疗老年股骨颈骨折的效果比较. 中华创伤骨科杂志. 2025; 27(12): 1027-1033. https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115530-20250805-00302

[32] 张海宁, 孙一, 丁昌荣. 改良比基尼微创入路与直接外侧入路人工全髋关节置换术的围术期效果. 中华老年医学杂志. 2019; 38(8): 875-879. https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2019.08.012

[33] 陈余庆. 直接前侧入路与改良 Hardinge 入路初次全髋关节置换术的早期疗效对比研究. 苏州: 苏州大学; 2020.

[34] von Elm E, Altman DG, Egger M, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. J Clin Epidemiol. 2008; 61(4): 344-349. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2007.11.008

[35] Benchimol EI, Smeeth L, Guttmann A, et al. The REporting of studies Conducted using Observational Routinely-collected health Data (RECORD) Statement. PLoS Med. 2015; 12(10): e1001885. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001885

[36] Elibol N, Unver B, Karatosun V. The effects of balance training in patients with total hip arthroplasty: a randomized controlled pilot study. Orthopadie (Heidelberg). 2024; 53(12): 955-965. https://doi.org/10.1007/s00132-024-04570-y

[37] Ulivi M, Orlandini L, Vitale JA. Direct superior approach versus posterolateral approach in total hip arthroplasty: a randomized controlled trial on early outcomes on gait, risk of fall, clinical and self-reported measurements. Acta Orthop. 2021; 92(3): 274-279. https://doi.org/10.1080/17453674.2020.1865633

[38] Qu H, Zhen Q, Li H. Effects of Balance and Proprioceptive Training on Rehabilitation After Total Knee and Total Hip Replacement: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Aging Phys Act. 2026; 34(1): 82-90. https://doi.org/10.1123/japa.2024-0390

[39] Jo S, Park SB, Kim MJ. Comparison of balance, proprioception and skeletal muscle mass in total hip replacement patients with and without fracture: a pilot study. Ann Rehabil Med. 2016; 40(6): 1064-1070. https://doi.org/10.5535/arm.2016.40.6.1064

[40] 张壮壮. SuperPATH 入路和后外侧入路全髋关节置换术后功能及本体感觉的临床对比研究 [D]. 兰州: 甘肃中医药大学; 2024.

[41] Li C, Ji ML, Zhang WS, et al. [Evaluation and treatment strategy of limb length discrepancy after total hip arthroplasty]. Zhonghua Wai Ke Za Zhi. 2023; 61(2): 95-99. https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20220525-00240

[42] Sato H, Maezawa K, Gomi M. Effect of femoral offset and limb length discrepancy on hip joint muscle strength and gait trajectory after total hip arthroplasty. Gait Posture. 2020; 77: 276-282. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.02.008

[43] Mahmood SS, Mukka SS, Crnalic S. Association between changes in global femoral offset after total hip arthroplasty and function, quality of life, and abductor muscle strength. Acta Orthop. 2016; 87(1): 36-41. https://doi.org/10.3109/17453674.2015.1091955

[44] Ryan NS, Kowalski E, Beaul éPE, et al. The Effect of Surgical Approach and Hip Offset Reconstruction on Gait Biomechanics Following Total Hip Arthroplasty. J Arthroplasty. 2024; 39(2): 402-408.e1. https://doi.org/10.1016/j.arth.2023.08.040

[45] Chung C, Bin Hazzaa I, Hakim R, et al. Techniques and Technologies for the Intraoperative Assessment of Component Positioning, Leg Lengths, and Offset in Total Hip Arthroplasty: A Systematic Review. Arthroplasty Today. 2024; 27: 101361. https://doi.org/10.1016/j.artd.2024.101361

[46] Kikuchi N, Kawamura H, Nishino T, et al. Relationship of Pelvic Positional Change with Leg Length and Offset Measurement in Experimental Total Hip Arthroplasty. Orthop Surg. 2023; 15(6): 1664-1669. https://doi.org/10.1111/os.13728

[47] Scholes CJ, Fatima M, Schwagli T, et al. Imageless navigation system (Naviswiss) provides accurate component position in total hip arthroplasty with lateral decubitus position for end-stage hip osteoarthritis: a prospective cohort study with CT-validation. Arthroplasty. 2024; 6(1): 3. https://doi.org/10.1186/s42836-023-00224-0

[48] Shimizu A, Murakami S, Tamai T. Comparing cup placement, leg length, and offset discrepancy after total hip arthroplasty between CT-based robotic arm-assisted and navigation systems. Bone Jt Open. 2025; 6(1): 3-11. https://doi.org/10.1302/2633-1462.61.BJO-2024-0173.R1

[49] Matsuo H, Kubota M, Watabe Y, et al. Association between dynamic hip motion during gait and passive hip range of motion and muscle strength before and after total hip arthroplasty. Orthop Traumatol Surg Res. 2026; 112(3): 104419. https://doi.org/10.1016/j.otsr.2025.104419

[50] Kay A, Klavas D, Haghshenas V, et al. Two year follow up of supercapsular percutaneously assisted total hip arthroplasty. BMC Musculoskelet Disord. 2021; 22(1): 478. https://doi.org/10.1186/s12891-021-04351-0