

· 临床研究 ·

# 股骨头前、外侧保留角和联合保留角在股骨头坏死经髋关节外科脱位打压植骨支撑术适应证选择中的作用

洪志楠, 宋雨珂, 何晓铭, 何伟, 魏秋实

(广州中医药大学第三附属医院, 广东 广州 510378)

**摘要 目的:**探讨股骨头前侧保留角(anterior preserved angle, APA)、外侧保留角(lateral preserved angle, LPA)和联合保留角(combined preserved angle, CPA)在股骨头坏死(osteonecrosis of the femoral head, ONFH)经髋关节外科脱位打压植骨支撑术适应证选择中的作用。**方法:**以 2020 年 1 月至 2022 年 12 月在广州中医药大学第三附属医院接受经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗的 ONFH 患者为研究对象。收集患者的性别、年龄、ONFH 分期和分型,以及手术前后、随访期间双侧髋关节蛙位和正位 X 线片等信息。在患者术前双侧髋关节蛙位和正位 X 线片上分别测量股骨头 APA 和 LPA,二角之和为股骨头 CPA。以行全髋关节置换术为终点事件,采用 Kaplan-Meier 法分析经髋关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况;采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线确定股骨头 APA、LPA 和 CPA 预测经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗失败的最佳临界值,并根据此临界值进行二分类后采用 Kaplan-Meier 法分析其对股骨头生存情况的预测效果。**结果:**①一般情况。共纳入 109 例患者,随访时间 8~47 个月,中位数 25 个月。患者术前股骨头 APA  $43.71^{\circ} \pm 14.43^{\circ}$ , LPA  $53.08^{\circ} \pm 15.62^{\circ}$ , CPA  $96.79^{\circ} \pm 24.60^{\circ}$ 。随访期间,18 髋改行全髋关节置换术,其中 17 髋发生在经髋关节外科脱位打压植骨支撑术后 2 年内。②经髋关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况。术后 1 年、2 年和 3 年股骨头生存率分别为 97.5%、86.1% 和 81.6%。③股骨头 APA、LPA 和 CPA 对经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗失败的预测价值评价结果。股骨头 APA、LPA 和 CPA 预测经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗失败的曲线下面积分别为 0.835、0.765、0.854,敏感度分别为 67.3%、75.2%、91.1%,特异度分别为 88.9%、72.2%、72.2%,临界值分别为  $39.5^{\circ}$ 、 $46.5^{\circ}$ 、 $75.0^{\circ}$ 。④股骨头 APA、LPA 和 CPA 对经髋关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况的预测结果。与术前股骨头 APA  $\leq 39.5^{\circ}$ 、LPA  $\leq 46.5^{\circ}$ 、CPA  $\leq 75.0^{\circ}$  相比,术前股骨头 APA  $> 39.5^{\circ}$ 、LPA  $> 46.5^{\circ}$ 、CPA  $> 75.0^{\circ}$  时,股骨头生存率更高。**结论:**股骨头 APA、LPA 和 CPA 可用于指导 ONFH 经髋关节外科脱位打压植骨支撑术适应证的选择,且术前股骨头 APA  $> 39.5^{\circ}$ 、LPA  $> 46.5^{\circ}$ 、CPA  $> 75.0^{\circ}$  的患者有望获得更好的手术疗效。

**关键词** 股骨头坏死;髋关节;脱位;股骨头前侧保留角;股骨头外侧保留角;股骨头联合保留角;骨移植;适应证

## The role of anterior, lateral and combined preserved angles of femoral head in the selection of indications for impaction bone grafting through surgical hip dislocation approach for treating osteonecrosis of the femoral head

HONG Zhinan, SONG Yuke, HE Xiaoming, HE Wei, WEI Qiushi

The Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong, China

**ABSTRACT Objective:** To explore the role of anterior preserved angle (APA), lateral preserved angle (LPA) and combined preserved angle (CPA) of femoral head in the selection of indications for impaction bone grafting through surgical hip dislocation (SHD) approach for treating osteonecrosis of the femoral head (ONFH). **Methods:** The patients who underwent impaction bone grafting through SHD approach for ONFH in the Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine from January 2020 to December 2022 were selected as the subjects, and their information, including gender, age, ONFH staging and typing, as well as the X-ray films of bilateral hip joints in normotopia and froglike position before and after the surgery and during follow-up period, was collected. The APA and LPA of the femoral head were measured on the presurgical X-ray films of bilateral hip joints in normotopia and froglike position, respectively, and the sum of the two angles was the CPA of femoral head. With total hip arthroplasty (THA) as the endpoint event, the survival of femoral head after the

基金项目:国家自然科学基金项目(82274544, 82004392);广东省基础与应用基础研究基金项目(2023A151010551);毕节市科学技术局 2022 年度“揭榜挂帅”项目[毕科合重大专项[2022]1 号];广东省中医骨伤研究院开放课题重点项目(GYH202101-01, GYH202101-04)

通讯作者:魏秋实 E-mail:weiqishi@126.com

impaction bone grafting through SHD approach was analyzed by using Kaplan-Meier method. Furthermore, the optimal critical values of APA, LPA and CPA of femoral head in predicting the failure of impaction bone grafting through SHD approach in treating ONFH were determined by using the receiver operating characteristic (ROC) curve. The binary classification was performed on the APA, LPA and CPA of femoral head based on the critical values, and then the Kaplan-Meier method was used to analyze the predictive effects of APA, LPA and CPA of femoral head on the survival of the femoral head. **Results:** ①General condition. One hundred and nine patients were included in the study, and they were followed up for 8–47 months with a median of 25 months. The preoperative femoral head APA, LPA and CPA were  $43.71 \pm 14.43$ ,  $53.08 \pm 15.62$ , and  $96.79 \pm 24.60$  degrees, respectively. During the follow-up period, 18 hips were re-treated with THA, among which 17 ones experienced a re-operation within 2 years after impaction bone grafting through SHD approach. ②The survival of femoral head after receiving impaction bone grafting through SHD approach. The results of analysis on the Kaplan-Meier curve showed that, the survival rates of femoral head were 97.5%, 86.1%, and 81.6% at postsurgical year 1, 2, and 3, respectively. ③The results of evaluation on the values of APA, LPA and CPA of femoral head in predicting the failure of impaction bone grafting through SHD approach in treating ONFH. The values of APA, LPA and CPA of femoral head in predicting the failure of impaction bone grafting through SHD approach in treating ONFH was evaluated and analyzed by using ROC curve, and the results showed that the areas under the ROC curves were 0.835, 0.765 and 0.854; the sensitivities were 67.3%, 75.2% and 91.1%; and the specificities were 88.9%, 72.2%, and 72.2%; and the critical values were 39.5, 46.5, and 75.0 degrees, respectively. ④The prediction results of APA, LPA and CPA of femoral head on the survival of femoral head after receiving impaction bone grafting through SHD approach. Compared to the preoperative femoral head APA  $\leq 39.5$  degrees, LPA  $\leq 46.5$  degrees, and CPA  $\leq 75.0$  degrees, the survival rate of the femoral head was higher when the preoperative APA, LPA and CPA of femoral head were greater than 39.5, 46.5, and 75.0 degrees, respectively. **Conclusion:** The APA, LPA, and CPA of femoral head can be used to guide the selection of indications for impaction bone grafting through SHD approach in treating ONFH, and the patients with presurgical APA, LPA and CPA of femoral head greater than 39.5, 46.5, and 75.0 degrees, respectively, are expected to achieve better surgical outcomes.

**Keywords** femur head necrosis; hip joint; dislocations; anterior preserved angle of femoral head; lateral preserved angle of femoral head; combined preserved angle of femoral head; bone transplantation; indication

围塌陷期股骨头坏死 (osteonecrosis of the femoral head, ONFH) 的保髋治疗是骨科领域最富挑战性的难题之一, 尤其是对于已发生塌陷的股骨头。尽管人工关节置换技术目前已相当成熟, 但考虑到青壮年患者未来可能面临的翻修手术问题, 保髋治疗成为更受欢迎的选择<sup>[1-2]</sup>。经髋关节外科脱位打压植骨支撑术作为一种保髋治疗方法, 在国内由何伟教授于 2014 年率先应用于 ONFH 的保髋手术中。此技术不仅能够显著改善患者的临床症状和髋关节功能, 还为青壮年患者提供了一种可能避免或推迟进行人工关节置换手术的方法<sup>[3]</sup>。2022 年, Wei 等<sup>[4]</sup>创造性地提出, 在髋关节正位、蛙位 X 线片上测量的股骨头前侧保留角 (anterior preserved angle, APA)、外侧保留角 (lateral preserved angle, LPA) 可作为预测股骨头塌陷的指标。这一发现为临床医生评估患者病情和制定治疗方案提供了更加客观和量化的依据。陆舜等<sup>[5]</sup>的研究结果表明, 当股骨头 APA、LPA 小于  $60^\circ$  时, 股骨头应力集中现象更为明显, 这种状态下股骨头发生塌陷的风险更高。由于股骨头 APA、LPA 能够

预测股骨头塌陷的风险, 目前已用于非手术保髋治疗适应证的选择<sup>[6]</sup>。为了进一步细化经髋关节外科脱位打压植骨支撑术的适应证范围, 探讨 APA、LPA 和联合保留角 (combined preserved angle, CPA) 的作用, 提高手术疗效, 我们开展了此项回顾性研究, 现总结报告如下。

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

选取 2020 年 1 月至 2022 年 12 月在广州中医药大学第三附属医院接受经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗的 ONFH 患者的病例资料进行研究。试验方案经广州中医药大学第三附属医院伦理委员会审查通过, 伦理批件号: PJ-KY-20211207-001。

### 1.2 纳入标准

①符合《中国成人股骨头坏死临床诊疗指南 (2020)》中 ONFH 的诊断标准<sup>[7]</sup>; ②国际骨微循环研究学会 (Association Research Circulation Osseous, ARCO) 分期<sup>[8]</sup>为 II 期、III a、III b、IV 期; ③日本骨坏死研究会 (Japanese Investigation Committee, JIC) 分型<sup>[9]</sup>

为 B 型、C1 型、C2 型;④接受手术时骨骼发育成熟且年龄不超过 60 岁;⑤采用经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗;⑥病例资料和随访资料完整,且必须包括术前双侧髋关节标准蛙位和正位 X 线片。

### 1.3 排除标准

①原发病需继续使用糖皮质激素治疗者;②合并其他髋关节疾病者;③既往曾接受过其他髋部手术者;④合并严重糖尿病、心血管疾病、肝肾功能不全者;⑤病例资料中存在明显错误者。

## 2 方法

### 2.1 数据获取方法

从病历系统中提取纳入患者的性别、年龄、ONFH 分期和分型,以及手术前后、随访期间双侧髋关节蛙位和正位 X 线片等信息。

### 2.2 股骨头 APA、LPA 和 CPA 测量方法

分别在患者术前双侧髋关节蛙位和正位 X 线片上测量股骨头 APA 和 LPA。股骨头 APA 的测量方法:在髋关节蛙位 X 线片上确定股骨头的中心点,标记为 b 点,ONFH 病灶(黑色曲线)的前侧缘与圆(绿色圆圈为股骨头轮廓)的交点标记为 a 点,股骨头与股骨颈交界处标记为 c 点,则直线 ab 与直线 bc 所形成的夹角  $\angle abc$  为股骨头 APA(图 1)。股骨头 LPA 的测量方法:在髋关节正位 X 线片上确定股骨头的中心点,标记为 B 点,ONFH 病灶(黑色曲线)的外侧缘与圆(绿色圆圈为股骨头轮廓)的交点标记为 A 点,股骨头与股骨颈交界处标记为 C 点,则直线 AB 与直线 BC 所形成的夹角  $\angle ABC$  为股骨头 LPA(图 2)。股骨头 APA 与 LPA 之和为 CPA。

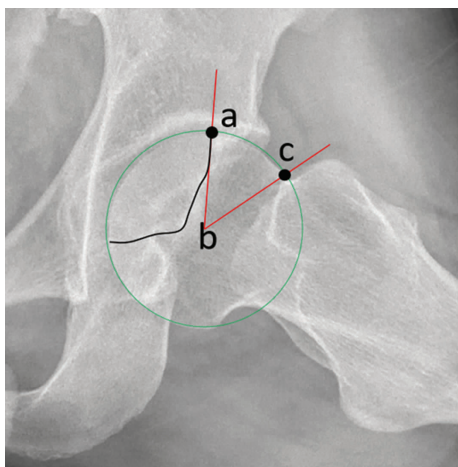


图 1 股骨头前侧保留角测量方法示意图

### 2.3 数据统计方法

采用 SPSS25.0 统计软件对所得数据进行统计处

理。以行全髋关节置换术作为终点事件,采用 Kaplan-Meier 法分析经髋关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况;采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线确定股骨头 LPA、APA 和 CPA 预测经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗失败的最佳临界值,并根据此临界值进行二分类后采用 Kaplan-Meier 法绘制生存曲线,分析其对股骨头生存情况的预测效果。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

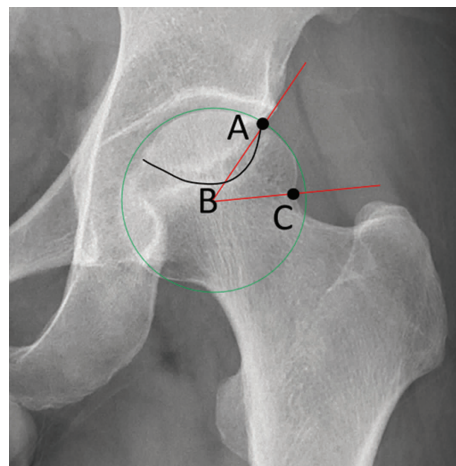


图 2 股骨头外侧保留角测量方法示意图

## 3 结果

### 3.1 一般情况

共纳入 109 例 119 髋,男 73 例、女 36 例。年龄 12 ~ 58 岁,中位数 29 岁。单侧 99 例,双侧 10 例。ARCO II 期 1 髋、IIIa 期 76 髋、IIIb 期 41 髋、IV 期 1 髋。JIC 分型 B 型 6 髋、C1 型 56 髋、C2 型 57 髋。109 例患者均获随访,随访时间 8 ~ 47 个月,中位数 25 个月;术前 APA  $43.71^\circ \pm 14.43^\circ$ , LPA  $53.08^\circ \pm 15.62^\circ$ , CPA  $96.79^\circ \pm 24.60^\circ$ 。随访期间,18 髋改行全髋关节置换术,其中 17 髋发生在经髋关节外科脱位打压植骨支撑术后 2 年内。

### 3.2 经髋关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况

Kaplan-Meier 曲线分析结果显示,术后 1 年、2 年和 3 年股骨头生存率分别为 97.5%、86.1% 和 81.6% (图 3)。

### 3.3 股骨头 APA、LPA 和 CPA 对经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗失败的预测价值评价结果

ROC 曲线分析结果显示,股骨头 APA、LPA 和 CPA 预测经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗失败的曲线下面积分别为 0.835、0.765、0.854,敏感度分别为 67.3%、75.2%、91.1%,特异度分别为 88.9%、

72.2%、72.2%，临界值分别为 39.5°、46.5°、75.0°（图 4）。

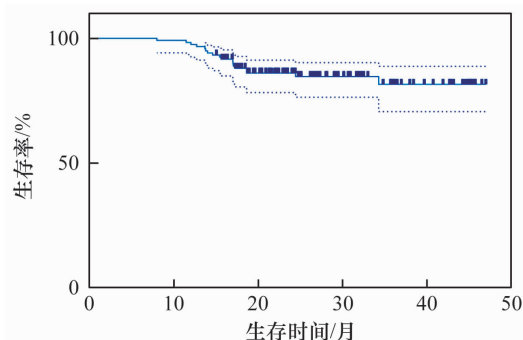


图 3 经髌关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况 Kaplan-Meier 曲线图

### 3.4 股骨头 APA、LPA 和 CPA 对经髌关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况的预测结果

根据 ROC 分析所得临界值,按照股骨头 APA 是否大于 39.5°、股骨头 LPA 是否大于 46.5°,以及股骨头 CPA 是否大于 75.0°进行二分类,采用 Kaplan-Meier 法分析股骨头生存情况,结果显示与术前股骨头  $\text{APA} \leq 39.5^\circ$ 、 $\text{LPA} \leq 46.5^\circ$ 、 $\text{CPA} \leq 75.0^\circ$ 相比,术前股骨头  $\text{APA} > 39.5^\circ$ 、 $\text{LPA} > 46.5^\circ$ 、 $\text{CPA} > 75.0^\circ$ 时,股骨头生存率更高(图 5)。

### 3.5 典型病例

患者,男,42 岁,因“反复右髌关节疼痛 2 月余”

入院,诊断为双侧 ONFH。右侧股骨头已发生塌陷(ARCO III a 期, JIC 分型 C1 型)。术前测量股骨头 APA 60°、LPA 54°、CPA 114°,行经髌关节外科脱位打压植骨支撑术治疗。术后 5 个月开始逐渐恢复负重;术后 6 个月弃拐完全负重;术后 1 年复查股骨头修复良好,右髌关节活动良好,无疼痛不适感。见图 6。

## 4 讨论

JIC 分型是基于股骨头的冠状位影像,将股骨头负重面等分为三部分,用于描述坏死区在股骨头内部的分布情况<sup>[9]</sup>。该分型通俗易懂,能够反映股骨头外侧壁受累的程度,从而可以提示疾病的预后情况。股骨头具有复杂的三维结构,其中前、外侧柱作为股骨头主要的承重部分,其受累的程度对预测股骨头塌陷及评估疾病预后具有极其重要的意义。但是,需要注意的是,由于 JIC 分型主要依赖于股骨头的冠状位影像学资料,因此它无法描述前侧柱受累的具体情况。我们团队曾尝试将 JIC 分型应用于髌关节蛙位所拍摄的 X 线片中,以期更准确地描述股骨头前侧柱的受累情况。但是,多数 ONFH 患者存在关节活动受限的问题,尤其是关节的旋转活动受限,导致在影像检查时难以摆出标准的蛙式体位。因此,所获取的蛙位 X 线片中股骨头负重面的显示可能不够准确,进而影响

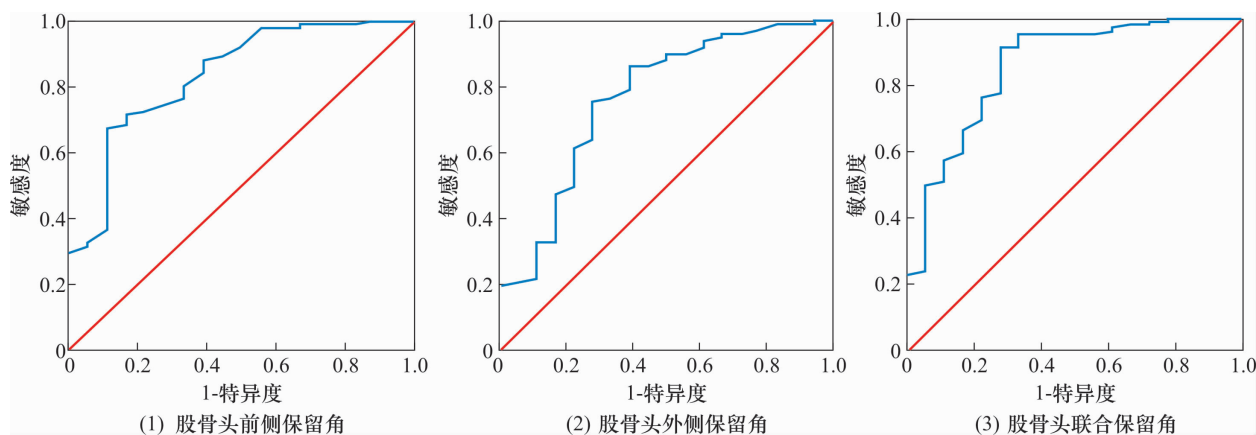


图 4 股骨头前、外侧保留角和联合保留角预测经髌关节外科脱位打压植骨支撑术治疗失败的受试者工作特征曲线图

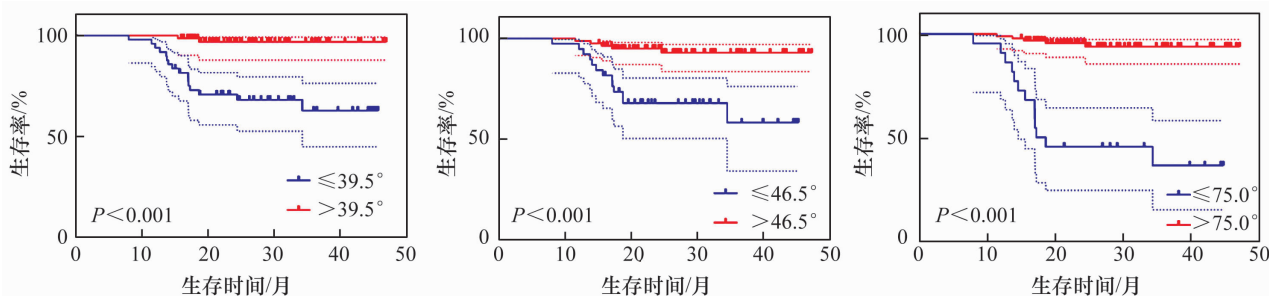


图 5 股骨头前、外侧保留角和联合保留角预测经髌关节外科脱位打压植骨支撑术后股骨头生存情况的 Kaplan-Meier 曲线图



图6 股骨头坏死经髋关节外科脱位打压支撑植骨手术前后髋关节 X 线片

了测量的精确性和一致性。股骨头 APA 和 LPA 能够在不直接涉及髋臼的情况下准确地描述股骨头前、外侧壁的保留情况,从而有效预测股骨头塌陷的风险。与 JIC 分型相比,股骨头 APA 和 LPA 在预测 ONFH 塌陷方面具有更高的准确性<sup>[4]</sup>。目前,已有学者<sup>[6]</sup>提出,将股骨头 APA 和 LPA 作为选择非手术保髋治疗 ARCO II 期患者的适应证参考标准,并指出当 APA > 61.5° 时,可以延缓疾病在影像学上的进展。

经髋关节外科脱位打压植骨支撑术为围塌陷期 ONFH 患者提供了一种有效的治疗方法。该术式通过保护股骨头血供、完整显露股骨头、直视下彻底清除坏死骨以及自体髂骨瓣植骨支撑等步骤,旨在促进骨再生和修复,恢复股骨头的正常结构和功能,提高患者的生活质量<sup>[10-13]</sup>。虽然该术式凭借其技术优势已在临床应用多年,但由于早期手术材料选择相对有限,且手术适应证设定得较为宽泛,导致了早期的手术成功率未能达到理想水平。为了提升手术效果,我们团队进行了多次技术优化与创新,术中引入了人工合成骨进行填充,并结合自体髂骨瓣进行强有力的支撑。人工合成骨在固化后,能够迅速为股骨头提供所需的早期强度,从而有效降低术后早期股骨头再次塌

陷的风险。在采用该术式治疗 ONFH 之前,本研究所纳入的绝大多数髋关节已发生了股骨头塌陷(ARCO III a 期、III b 期或 IV 期),仅 1 髋为 ARCO II 期。该患者在接受手术时虽尚未发生股骨头塌陷,但 MRI 检查显示其 ONFH 范围较大,股骨头颈部存在大范围骨髓水肿,并伴随髋部疼痛,预示其发生塌陷的风险极高。经过与患者充分沟通并获得其知情同意后,我们为其进行了手术。目前,已有多项研究<sup>[3,14-17]</sup>表明,该术式治疗 ONFH 的短中期临床疗效确切。对于 ARCO III b 期患者,该术式的疗效优于髓芯减压植骨支撑术<sup>[18]</sup>。为了提高保髋手术的成功率,进一步细化和明确该术式的适应证显得尤为重要。本研究发现,股骨头 APA、LPA 在确定经髋关节外科脱位打压植骨支撑术适应证时具有指导性的参考价值。

通过回顾性分析 109 例患者的病例资料,我们发现部分保髋手术失败的患者存在术前股骨头 APA、LPA 偏小的情况。我们团队前期研究表明,当股骨头 APA > 60.53°、LPA > 60.46° 和 CPA > 118.73° 时,股骨头塌陷的风险相对较低<sup>[4]</sup>。此类股骨头塌陷风险较低的患者预后较好,多可以采用非手术治疗,以减少不必要的手术创伤和经济开支<sup>[19-21]</sup>。本研究结果



显示,术前股骨头 APA > 39.5°、LPA > 46.5° 和 CPA > 75.0° 的 ONFH 患者,接受经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗后,其股骨头存活的时间可能更长。然而,值得注意的是,这些角度值却显著小于前期研究中通常认同的安全范围,因此可能预示着这些患者面临更高的股骨头塌陷风险。事实上绝大部分 ONFH 患者在接受手术时已发生了股骨头塌陷,这也说明了股骨头 APA、LPA 和 CPA 能够量化描述股骨头前、外侧壁的保留程度,从而可以作为预测股骨头塌陷风险、指导治疗方式选择的重要依据。尤其是股骨头 CPA 作为结合了股骨头 APA 和 LPA 2 个关键变量的指标,更能全面地反映股骨头前、外侧壁保留程度与塌陷风险之间的复杂关系。通过此次研究,我们建议将经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗 ONFH 的适应证进一步细化为术前股骨头 APA > 39.5°、LPA > 46.5° 和 CPA > 75.0° 的患者。对于术前股骨头 APA ≤ 39.5°、LPA ≤ 46.5° 和 CPA ≤ 75.0° 的患者,考虑到其股骨头前、外侧壁大部分已受损,经髋关节外科脱位打压植骨支撑术可能难以实现完整重建,且预后往往不良,因此在治疗选择上应慎重。

本研究存在以下局限性:①角度测量可能存在误差。在测量股骨头 APA 和 LPA 时,部分患者的股骨头颈交界不够明显,导致交界点难以精准定位;对于 ONFH 时间较短、股骨头内硬化带尚未清晰显现的患者,ONFH 病灶的外侧缘同样难以界定,这两点均可能导致角度测量存在误差。然而,鉴于接受该术式的患者多处于中、晚期,X 线片上已能观察到硬化带的形成,因此绝大多数 X 线片能够支持准确的角度测量,对研究的最终结果影响处于可控范围内。MRI 的 T1 加权像在显示早期 ONFH 病灶范围上具有显著优势,但是由于 MRI 扫描涉及多个层面,不同层面的测量结果存在差异(CT 也存在类似情况)。为确保测量结果的一致性和可重复性,我们团队经过多次深入讨论后决定采用 X 线作为测量手段。对于硬化带尚不清晰的 X 线片,我们团队通过在影像系统中调整图像明暗及对比度,尽可能提高清晰度以便测量。目前已有学者利用深度迁移学习模型将 X 线片应用于 ONFH 与其他髋部疾病的鉴别诊断,以及基于数字 X 线摄影深度学习模型预测保髋手术疗效<sup>[22-23]</sup>。未来研究可以借助机器学习技术来描绘和测量股骨头 APA 和 LPA,以进一步减少人为测量误差<sup>[24]</sup>。②随

访时间相对较短。由于我们团队于 2020 年才开始对该术式的操作细节进行改良,为了保证研究的一致性,本研究仅纳入了 2020 年 1 月至 2022 年 12 月的患者,因此随访时间相对较短。但从生存曲线分析来看,保髋失败大多发生在术后 2 年内,而后曲线趋于平稳。在保髋失败的 18 髋中,有 17 髋发生在术后 2 年内。患者生存曲线在术后 2 年之后的下降趋势平缓,提示病情趋于稳定,短时间内再次出现大量失败病例的可能性相对较小。③股骨头 APA 与 LPA 的测量未考虑髋臼的因素。由于这些测量仅聚焦于股骨头本身,而未考虑髋臼的形态,因此,即使测得的角度相同,在不同的患者(如存在髋关节发育不良或髋臼包容过度等情况)身上可能具有不同的临床意义。为减少这一方面的干扰,尚需进一步的探索和研究。此外,本研究为回顾性研究,所得结论和观点尚需开展前瞻性研究进一步验证。

本研究结果显示,股骨头 APA、LPA 和 CPA 可用于指导 ONFH 经髋关节外科脱位打压植骨支撑术适应证的选择,且术前股骨头 APA > 39.5°、LPA > 46.5°、CPA > 75.0° 的患者有望获得更好的手术疗效。

## 参考文献

- [1] 宋晓阳,张浩强,乔永杰,等. 中青年早期股骨头坏死的保髋治疗方法研究进展[J]. 中华创伤杂志,2023,39(2): 171-177.
- [2] 陈长军,赵鑫,罗月,等. 股骨头坏死保头治疗现状及预后影响因素的研究进展[J]. 中华骨科杂志,2021,41(1): 49-57.
- [3] 魏秋实,庞凤祥,陈晓俊,等. 经髋关节外科脱位打压植骨支撑术治疗 ARCOⅢ期股骨头坏死的临床疗效分析[J]. 中华损伤与修复杂志(电子版),2020,15(2): 90-95.
- [4] WEI Q S, LI Z Q, HONG Z N, et al. Predicting collapse in osteonecrosis of the femoral head using a new method: preserved angles of anterior and lateral femoral head[J]. J Bone Joint Surg Am, 2022, 104(Suppl 2): 47-53.
- [5] 陆舜,林天烨,何敏聪,等. 基于前外侧保留角预测股骨头坏死塌陷的有限元分析[J]. 中国修复重建外科杂志, 2023, 37(11): 1394-1402.
- [6] 魏秋实,何晓铭,何伟,等. 非手术保髋治疗 ARCOⅡ期股骨头坏死的临床疗效及影响因素分析[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(6): 424-430.
- [7] 中国医师协会骨科医师分会骨循环与骨坏死专业委员会, 中华医学会骨科分会骨显微修复学组, 国际骨循环学会中国区. 中国成人股骨头坏死临床诊疗指南(2020)[J]. 中华

- 骨科杂志, 2020, 40(20): 1365 - 1376.
- [8] YOON B H, MONT M A, KOO K H, et al. The 2019 revised version of association research circulation osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head[J]. J Arthroplasty, 2020, 35(4): 933 - 940.
- [9] SUGANO N, ATSUMI T, OHZONO K, et al. The 2001 revised criteria for diagnosis, classification, and staging of idiopathic osteonecrosis of the femoral head[J]. J Orthop Sci, 2002, 7(5): 601 - 605.
- [10] 魏秋实, 何伟, 张庆文, 等. 围塌陷期股骨头坏死不同影像学表现研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35(9): 1105 - 1110.
- [11] 张洪, 邹吉扬, 肖凯. 髋关节外科脱位——髋关节内手术的基本手术入路[J]. 中华外科杂志, 2014, 52(12): 915 - 918.
- [12] 雷志强, 曾平, 罗钧. 髋关节外科脱位治疗股骨头坏死的研究进展[J]. 广西医学, 2020, 42(4): 474 - 476.
- [13] 陈方, 刘修齐, 邓钰泓, 等. 髋外科脱位灯泡技术治疗早期股骨头坏死[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(13): 1219 - 1221.
- [14] 庄至坤, 吴昭克, 谢庆华, 等. 中药联合经髋关节外科脱位入路打压植骨支撑术治疗中青年 ARCO III 期股骨头坏死 22 例[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2017, 25(11): 46 - 48.
- [15] 盛东, 宋琼, 张庆文, 等. 经髋关节外科脱位入路自体髂骨瓣打压植骨治疗中青年 ARCO II、III 期股骨头缺血性坏死[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(2): 153 - 155.
- [16] 郑萍, 李炜明, 翁绳健, 等. 髋关节外科脱位技术联合手术治疗股骨头坏死的中短期疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(2): 148 - 150.
- [17] 吴泽文, 张延伟, 谢家辉, 等. 脱位头颈开窗植骨术治疗围塌陷期股骨头坏死的疗效及随访影像学结果分析[J]. 河北医学, 2020, 26(3): 498 - 502.
- [18] 孙海忠, 韦标方. 髋关节外科脱位打压植骨术与髓芯减压支撑植骨术治疗 ARCO III 期股骨头缺血性坏死疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(5): 531 - 536.
- [19] 傅维民, 刘保一, 王本杰, 等. 激素性股骨头坏死的保髋治疗策略及疗效[J]. 中华骨科杂志, 2019, 39(23): 1424 - 1431.
- [20] 王春生, 蒋武强, 张栓平, 等. 无症状股骨头坏死病情进展及相关因素分析[J]. 中华外科杂志, 2019, 57(11): 807 - 811.
- [21] 欧阳飞, 陈瑜, 石磊. 股骨头坏死非手术治疗研究进展[J]. 国际骨科学杂志, 2024, 45(1): 15 - 18.
- [22] 黄泽青, 刘予豪, 方汉军, 等. 基于深度迁移学习模型实现股骨头坏死与其他髋部疾病的 X 线片鉴别诊断[J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(1): 72 - 80.
- [23] 陈浩, 薛鹏, 席洪钟, 等. 基于 DR 的深度学习模型预测非血管化腓骨移植术的保髋疗效[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(7): 1170 - 1175.
- [24] 周宇东, 马小雨, 蔡兴博, 等. 人工智能在股骨头坏死诊疗中的应用与展望[J]. 云南医药, 2024, 45(2): 70 - 72.

(收稿日期: 2024-05-03 本文编辑: 时红磊)

(上接第 58 页)

- [19] NOONIN C, THONGBOONKERD V. Exosome-inflammasome crosstalk and their roles in inflammatory responses[J]. Theranostics, 2021, 11(9): 4436 - 4451.
- [20] JEFFERIES C A. Regulating IRFs in IFN driven disease[J]. Front Immunol, 2019, 10: 325.
- [21] TAMURA T, YANAI H, SAVITSKY D, et al. The IRF family transcription factors in immunity and oncogenesis[J]. Annu Rev Immunol, 2008, 26: 535 - 584.
- [22] LOHOFF M, MAK T W. Roles of interferon-regulatory factors in T-helper-cell differentiation[J]. Nat Rev Immunol, 2005, 5(2): 125 - 135.
- [23] CHUNG Y, CHANG S H, MARTINEZ G J, et al. Critical regulation of early Th17 cell differentiation by interleukin-1 signaling[J]. Immunity, 2009, 30(4): 576 - 587.
- [24] SHARMA S, TENOEVER B R, GRANDVAUX N, et al. Triggering the interferon antiviral response through an IKK-related pathway[J]. Science, 2003, 300(5622): 1148 - 1151.
- [25] HONDA K, YANAI H, NEGISHI H, et al. IRF-7 is the master regulator of type-I interferon-dependent immune responses[J]. Nature, 2005, 434(7034): 772 - 777.
- [26] VAN BON L, COSSU M, RADSTAKE T R. An update on an immune system that goes awry in systemic sclerosis[J]. Curr Opin Rheumatol, 2011, 23(6): 505 - 510.
- [27] SIMONS K H, DE VRIES M R, DE JONG R C M, et al. IRF3 and IRF7 mediate neovascularization via inflammatory cytokines[J]. J Cell Mol Med, 2019, 23(6): 3888 - 3896.
- [28] TATEDA K, OKAZAKI S, NAGOYA S, et al. The suppression of TRIM21 and the accumulation of IFN- $\alpha$  play crucial roles in the pathogenesis of osteonecrosis of the femoral head[J]. Lab Invest, 2012, 92(9): 1318 - 1329.

(收稿日期: 2024-04-09 本文编辑: 杨雅)