

## 基于中日友好医院分型 ARCO II 期股骨头坏死的自然塌陷病程

赵汝顺<sup>1,2</sup>, 郝阳泉<sup>2</sup>, 徐韩博<sup>1,2</sup>, 杨治<sup>2</sup>, 许鹏<sup>2</sup>, 郑鑫<sup>3</sup>, 张堃<sup>2</sup>, 鲁超<sup>2</sup><https://doi.org/10.12307/2024.629>

投稿日期: 2023-08-10

采用日期: 2023-09-09

修回日期: 2023-09-23

在线日期: 2023-10-11

中图分类号:

R459.9; R318; R681.8

文章编号:

2095-4344(2024)30-04871-05

文献标识码: B

文章快速阅读: 不同 CJFH 分型下 ARCO II 期股骨头坏死未塌陷患者 5 年内的自然塌陷病程

研究起源:

- 股骨头坏死
- 髋关节
- 股骨头塌陷
- 保髋治疗
- 病灶位置

中心问题:

- 塌陷率
- 自然塌陷病程
- ARCO 分期
- CJFH 分型
- 外侧柱

研究分支:

- 股骨头坏死
- 致病因素
- 临床指导
- 分期、分型
- 塌陷风险预测

文题释义:

股骨头坏死: 是一种骨科常见的难治性疾病, 股骨头一旦塌陷, 可导致患者髋关节功能障碍, 严重影响生活质量。

CJFH 分型: 是中日友好医院李子荣教授根据股骨头坏死病灶内、中、外侧柱划分的一种分型, 可较好地指导应用于临床。

摘要

背景: 股骨头坏死是骨科难治性疾病之一, 不同分期、分型下的股骨头坏死自然塌陷病程影响着该病的进展及预后。

目的: 探究不同中日友好医院(China-Japan Friendship Hospital, CJFH)分型下国际骨循环研究协会(Association Research Circulation Osseous, ARCO) II 期股骨头坏死未塌陷患者 5 年内自然塌陷病程, 并分析不同 CJFH 分型的股骨头塌陷率及塌陷风险。

方法: 回顾性选取 2016 年 10 月至 2017 年 10 月在西安交通大学附属红会医院门诊确诊为 ARCO II 期股骨头坏死未塌陷的患者为研究对象, 根据是否塌陷将患者分为塌陷组( $n=82$ )和未塌陷组( $n=70$ ), 统计不同 CJFH 分型的股骨头塌陷风险以及 5 年内塌陷时间、塌陷数量和塌陷率, 并绘制不同 CJFH 分型股骨头的 Kaplan-Meier 生存曲线图。结果与结论: ①共纳入患者 97 例, 152 髋, 随访期间有 82 髋塌陷, 总塌陷率为 53.9%, 其中 M 型、C 型、L1 型、L2 型和 L3 型塌陷率分别为 0.0%, 36.7%, 51.4%, 72.2% 和 77.8%, 各组间比较差异有显著性意义( $P < 0.05$ ); ②在塌陷风险方面, L1 型塌陷风险为 C 型的 1.704 倍( $P > 0.05$ ), 而 L2 型、L3 型塌陷风险分别为 C 型的 3.866 倍、6.423 倍( $P < 0.05$ ); ③在 Kaplan-Meier 生存曲线方面, ARCO II 期患者股骨头中位生存时间为 3 年, 95% 置信区间为 2.885-3.471 年, 第 1, 3, 5 年股骨头生存率分别为 65.1%(99/152), 50.7%(77/152), 46.1%(70/152); ④结果表明, 不同 CJFH 分型影响着 ARCO II 期股骨头坏死患者的塌陷率, 其中 L3 型患者塌陷率最高, L2 型和 L1 型患者次之, C 型患者塌陷率较低, M 型患者无塌陷, 这表明股骨头外侧柱的保留对股骨头坏死自然塌陷病程有重要意义。

关键词: 股骨头坏死; 塌陷; CJFH 分型; ARCO 分期; 外侧柱

## Natural collapse course of ARCO II stage osteonecrosis of the femoral head based on China-Japan Friendship Hospital classification

Zhao Rushun<sup>1,2</sup>, Hao Yangquan<sup>2</sup>, Xu Hanbo<sup>1,2</sup>, Yang Zhi<sup>2</sup>, Xu Peng<sup>2</sup>, Zheng Xin<sup>3</sup>, Zhang Kun<sup>2</sup>, Lu Chao<sup>2</sup><sup>1</sup>Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China; <sup>2</sup>Honghui Hospital Affiliated to Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China; <sup>3</sup>Xiangya School of Public Health, Central South University, Changsha 410078, Hunan Province, China

Zhao Rushun, Master candidate, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China; Honghui Hospital Affiliated to Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China

Corresponding author: Lu Chao, MD, Associate chief physician, Honghui Hospital Affiliated to Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China

Abstract

**BACKGROUND:** Osteonecrosis of the femoral head is one of the refractory diseases in orthopedic diseases. The natural collapse course of osteonecrosis of the femoral head under different stages and types affects the progression and prognosis of the disease.**OBJECTIVE:** To explore the progression of natural collapse within 5 years in patients under the different classifications of China-Japan Friendship Hospital (CJFH) with stage II osteonecrosis of the International Association for Research Circulation Osseous (ARCO), and to analyze the collapse rate and collapse risk of the femoral head under the different classifications of CJFH.<sup>1</sup> 陕西中医药大学, 陕西省咸阳市 712000; <sup>2</sup> 西安交通大学附属红会医院, 陕西省西安市 710054; <sup>3</sup> 中南大学湘雅公共卫生学院, 湖南省长沙市 410078

第一作者: 赵汝顺, 男, 1995 年生, 河南省商丘市人, 汉族, 陕西中医药大学在读硕士, 主要从事股骨头坏死和骨关节炎退行性疾病的临床与实验研究。

通讯作者: 鲁超, 博士, 副主任医师, 西安交通大学附属红会医院, 陕西省西安市 710054

<https://orcid.org/0000-0003-4537-8384> (赵汝顺)

基金资助: 陕西省中医药管理局中西医结合临床协作创新项目(2020-ZXY-010), 项目负责人: 郝阳泉

引用本文: 赵汝顺, 郝阳泉, 徐韩博, 杨治, 许鹏, 郑鑫, 张堃, 鲁超. 基于中日友好医院分型 ARCO II 期股骨头坏死的自然塌陷病程 [J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(30):4871-4875.



**METHODS:** A retrospective study was performed to select patients diagnosed with ARCO II stage osteonecrosis of the femoral head without collapse in the Honghui Hospital Affiliated to Xi'an Jiaotong University from October 2016 to October 2017. According to whether it collapsed, the number of hips was divided into the collapse group ( $n=82$ ) and the non-collapsed group ( $n=70$ ). The collapse risk of patients with osteonecrosis of the femoral head under different CJFH classifications, as well as the collapse time, number of collapses, and collapse rate within 5 years were counted, and then the Kaplan-Meier survival curve of the femoral head under different classification of CJFH was plotted.

**RESULTS AND CONCLUSION:** (1) A total of 97 patients with 152 hips were enrolled, and 82 hips collapsed during the follow-up period, with a total collapse rate of 53.9%, of which the collapse rates of M type, C type, L1 type, L2 type, and L3 type were 0.0%, 36.7%, 51.4%, 72.2%, and 77.8%, respectively, and the comparison between the groups was statistically significant ( $P < 0.05$ ). (2) In terms of collapse risk, the collapse risk of L1 type was 1.704 times that of C-type ( $P > 0.05$ ), while the collapse risks of L2 type and L3 type were 3.866 times and 6.423 times that of C type ( $P < 0.05$ ), respectively. (3) In terms of the Kaplan-Meier survival curve, the median survival time of the femoral head of ARCO II stage patients was 3 years, with a 95% confidence interval of 2.885–3.471 years, and the survival rates of the femoral head at the first, third and fifth years were 65.1% (99/152), 50.7% (77/152), and 46.1% (70/152), respectively. (4) These findings conclude that different CJFH classifications affect the collapse rate of ARCO II stage osteonecrosis of the femoral head patients, among which L3 type patients have the highest collapse rate, followed by L2 type and L1 type patients; C type patients have a lower collapse rate, and M type patients do not collapse, which indicates that the preservation of the lateral column of the femoral head is of great significance for the natural collapse course of osteonecrosis of the femoral head.

**Key words:** osteonecrosis of the femoral head; collapse; CJFH classification; ARCO stage; lateral column

**Funding:** Shaanxi Provincial Administration of Traditional Chinese Medicine Integrated Clinical Collaborative Innovation Project, No. 2020-ZXY-010 (to HYQ)

**How to cite this article:** ZHAO RS, HAO YQ, XU HB, YANG Z, XU P, ZHENG X, ZHANG K, LU C. Natural collapse course of ARCO II stage osteonecrosis of the femoral head based on China-Japan Friendship Hospital classification. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu.* 2024;28(30):4871-4875.

## 0 引言 Introduction

股骨头坏死是一种骨科常见的难治性疾病，以骨小梁结构受损乃至塌陷为特征，多表现为髋部疼痛、活动受限等症状<sup>[1]</sup>。股骨头坏死的具体发病机制尚不明确，但长期酗酒和服用糖皮质激素的人群更易患此病<sup>[2]</sup>。国际骨循环研究协会 (Association Research Circulation Osseous, ARCO) 分期是衡量股骨头坏死进展阶段的重要分期<sup>[3-4]</sup>，股骨头坏死病程发展相当迅速，当疾病进入 ARCO II 期时，如不及时控制，股骨头将进一步进展发生塌陷，而股骨头一旦塌陷，病情预后较差，多选择全髋关节置换手术治疗<sup>[5]</sup>。既往研究表明，在相同分期下，根据病灶位置不同所建立的中日友好医院 (China-Japan Friendship Hospital, CJFH) 分型<sup>[6]</sup>、日本厚生省骨坏死研究会 (Japanese Investigation Committee, JIC) 分型对疾病的发展和预后有着重要指导价值<sup>[7]</sup>。李子荣教授建立的 CJFH 分型相对于 JIC 分型而言，根据不同坏死部位将股骨头划分为内侧柱、中央柱和外侧柱，能更为准确地判断疾病预后<sup>[8]</sup>。以往有关股骨头坏死病灶位置方面的临床研究多是以住院行保髋治疗的患者为研究对象，这将会遗漏部分在门诊首次就诊确诊为股骨头坏死但无症状或无活动受限的患者人群。因此，该研究纳入 ARCO II 期未行手术干预的股骨头坏死门诊患者，根据 CJFH 分型的不同，分析其 5 年内股骨头塌陷情况及风险因素，现报道如下。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**1.1 设计** 回顾性观察随访患者影像学资料，记录股骨头分期、分型及塌陷情况。组间分析采用卡方检验，采用多因素 logistic 回归分析塌陷风险。

**1.2 时间及地点** 资料分析于 2022 年 10 月至 2023 年 2 月在西安交通大学附属红会医院完成。

**1.3 对象**

**1.3.1 纳入与排除标准**

**纳入标准:** ①非创伤性股骨头坏死 ARCO II 期且股骨头尚未塌陷者；②具有完整的影像学资料者；③未曾接受过系统治疗的患者。

**排除标准:** ①影像资料不能确定分期或分型的患者；②未取得联系或依从性较差的患者；③既往采取保髋手术或其他手术治疗的患者；④合并严重糖尿病、有重大心血管疾病的患者。

**1.3.2 一般资料** 选取 2016 年 10 月至 2017 年 10 月在西安交通大学附属红会医院确诊为股骨头坏死尚未塌陷的患者 97 例，共 152 髋；在致病因素方面，若患者否认酒精、激素、创伤史，则归纳于特发性股骨头坏死类型，其中激素性股骨头坏死 58 髋，酒精性股骨头坏死 17 髋，特发性股骨头坏死 77 髋；单侧发病 39 髋，双侧发病 113 髋；男性 107 髋，女性 45 髋；平均年龄 ( $52.38 \pm 11.78$ ) 岁，平均体质量指数为 ( $23.13 \pm 2.64$ )  $\text{kg}/\text{m}^2$ 。

该研究经西安交通大学附属红会医院伦理委员会审批 (批准号: 202212002)，且患者均已签署知情同意书。

**1.4 研究方法** 通过电话随访的形式确定患者的身高、体质量、致病因素、首次确诊时间，并根据患者门诊或网络反馈的影像学资料确定股骨头塌陷时间和当前股骨头塌陷情况。

**塌陷标准**<sup>[9]</sup>: 以影像学资料或接受全髋关节置换术视为塌陷。

通过收集首次确诊患者影像学资料确定 ARCO 分期、CJFH 分型、发病侧别。CJFH 分型<sup>[6]</sup>: 根据坏死病灶位置处于内侧柱、中央柱、外侧柱情况进行分型，见图 1。M 型: 坏死灶处于内侧柱；C 型: 坏死灶处于中央柱、内侧柱；L1 型: 坏死灶处于部分外侧柱，尚有部分外侧柱保留；L2 型: 坏死灶处于全部外侧柱，部分处于中央柱，内侧柱未受累；L3 型: 坏死灶占据整个股骨头。

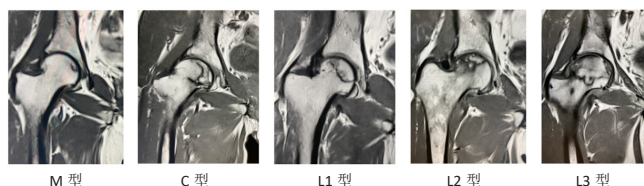


图 1 | 股骨头中日友好医院 (CJFH) 分型示意图

Figure 1 | Schematic diagram of China-Japan Friendship Hospital (CJFH) classification of the femoral head

1.5 主要观察指标 记录患者随访数据，根据是否塌陷将患髌数量分为塌陷组和未塌陷组，分析 ARCO II 期股骨头坏死患者在不同 CJFH 分型下的塌陷风险以及 5 年内塌陷时间、塌陷数量和塌陷率，并绘制 Kaplan-Meier 生存曲线图。

1.6 统计学分析 采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示，符合正态分布的组间比较采用独立样本 *t* 检验；计数资料以百分比表示，组间比较采用卡方检验；采用多因素 logistic 回归分析塌陷风险，采用 Kaplan-Meier 生存曲线进行股骨头生存分析。 $P < 0.05$  为差异有显著性意义。文章统计学方法已经通过西安交通大学附属红会医院统计学专家审核。

## 2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 97 例患者 152 髌全部取得随访结果，进入结果分析，无脱落。

2.2 试验流程图 见图 2。



图 2 | 试验分组流程图

Figure 2 | Trial flow chart of group assignment

2.3 ARCO II 期股骨头坏死的影响因素 共纳入患者 97 例 152 髌，随访期间塌陷 82 髌，总塌陷率为 53.9%。两组的平均体质量指数、性别分布、发病侧别、致病因素之间的差异均无显著性意义 ( $P > 0.05$ )，值得注意的是，塌陷组平均年龄 ( $52.38 \pm 11.78$ ) 岁，高于未塌陷组平均年龄 ( $47.87 \pm 12.71$ ) 岁，两组之间差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )，见表 1。

表 1 | 股骨头塌陷的影响因素

Table 1 | Influencing factors of femoral head collapse

变量	总计 (髌)	塌陷组	未塌陷组	P 值
髌数量 (n/%)	152	82/53.9	70/46.1	
年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)		$52.38 \pm 11.78$	$47.87 \pm 12.71$	0.025
体质量指数 ( $\bar{x} \pm s$ , $\text{kg}/\text{m}^2$ )		$23.13 \pm 2.64$	$22.83 \pm 2.50$	0.479
性别 (n/%)				0.417
男	107	60/56.1	47/43.9	
女	45	22/48.9	23/51.1	
发病侧别 (n/%)				0.447
单侧	39	19/48.7	20/51.3	
双侧	113	63/55.8	50/44.2	
致病因素 (n/%)				0.222
激素	58	31/53.4	27/46.6	
酒精	17	6/35.3	11/64.7	
特发	77	45/58.4	32/41.6	

2.4 基于 CJFH 分型分析股骨头坏死塌陷风险 在 CJFH 分型中，M 型、C 型、L1 型、L2 型和 L3 型的塌陷率分别为 0.0%，36.7%，51.4%，72.2%，77.8%，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )。由于 M 型患者全部未塌陷，因此不纳入回归分析，剔除 M

型患者后，患者年龄因素仍存在差异，故以 C 型患者塌陷为参考，考虑年龄这项混杂因素，以是否塌陷为结果变量进行 logistic 回归。L1 型塌陷风险为 C 型的 1.704 倍，但差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )；L2 型塌陷风险为 C 型的 3.866 倍，L3 型塌陷风险为 C 型的 6.423 倍，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )，见表 2。

表 2 | 基于中日友好医院 (CJFH) 分型分析股骨头坏死塌陷风险

Table 2 | Analysis of China-Japan Friendship Hospital (CJFH) classification collapse risk with osteonecrosis of the femoral head

CJFH 分型	总计	塌陷 (n/%)	未塌陷 (n/%)	塌陷风险系数	P 值
M 型	3	0/0.0	3/100.0	-	-
C 型	30	11/36.7	19/63.3	1	-
L1 型	74	38/51.4	36/48.6	1.704 (0.704, 4.126)	0.238
L2 型	36	26/72.2	10/27.8	3.866 (1.340, 11.155)	0.012
L3 型	9	7/77.8	2/22.2	6.423 (1.098, 37.572)	0.039
P 值			0.032		

表注：“-”指的是未进行统计学分析。

2.5 基于 CJFH 分型分析 5 年内 ARCO II 期股骨头坏死塌陷情况

2.5.1 ARCO II 期 5 年内股骨头坏死塌陷数量及塌陷率 ARCO II 期中 M 型患者均未塌陷，C 型、L1 型、L2 型和 L3 型患者在 1 年内塌陷髌数量和塌陷率分别为 7 髌 (23.3%)、23 髌 (31.1%)、20 髌 (55.6%)、3 髌 (33.3%)；在 2 年内分别塌陷 10 髌 (33.3%)、28 髌 (37.8%)、22 髌 (61.1%)、6 髌 (66.7%)；在 3 年内分别塌陷 10 髌 (33.3%)、33 髌 (44.6%)、25 髌 (69.4%)、7 髌 (77.8%)，差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )；而在 4，5 年内塌陷髌数量差异无显著性意义 ( $P > 0.05$ )，见表 3。

表 3 | 基于中日友好医院 (CJFH) 分型分析股骨头坏死患者 5 年内股骨头塌陷率

Table 3 | Rate of femoral head collapse over five years based on China-Japan Friendship Hospital (CJFH) classification with osteonecrosis of the femoral head

塌陷情况	M 型	C 型	L1 型	L2 型	L3 型	总计	P 值
总髌数 (n)	3	30	74	36	9	152	
1 年塌陷数 / 率	0/0	7/23.3	23/31.1	20/55.6	3/33.3	53/34.9	0.031
2 年塌陷数 / 率	0/0	10/33.3	28/37.8	22/61.1	6/66.7	66/43.4	0.026
3 年塌陷数 / 率	0/0	10/33.3	33/44.6	25/69.4	7/77.8	75/49.3	0.004
4 年塌陷数 / 率	0/0	11/36.7	37/50.0	25/69.4	7/77.8	80/52.6	0.133
5 年塌陷数 / 率	0/0	11/36.7	38/51.4	26/72.2	7/77.8	82/53.9	0.393

2.5.2 ARCO II 期 5 年内股骨头 Kaplan-Meier 生存曲线 ARCO II 期患者股骨头中位生存时间为 3 年，95% 置信区间为 2.885–3.471 年，1，3，5 年股骨头未塌陷率分别为 65.1%(99/152)，50.7%(77/152)，46.1%(70/152)，见图 3。

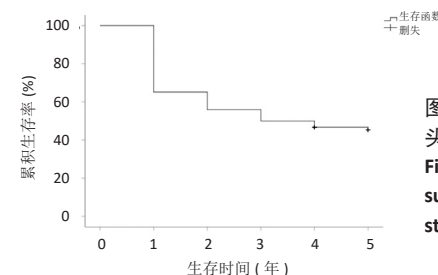


图 3 | ARCO II 期患者股骨头 Kaplan-Meier 生存曲线  
Figure 3 | Kaplan-Meier survival curve in ARCO II stage patients

对 ARCO II 期 M 型、C 型、L1 型、L2 型和 L3 型患者的股骨头生存情况进行统计分析, 经比较 L3 型和 L2 型的股骨头生存率均低于其他组, 但两者没有明显差异, L2 型低于 L1 型的生存率, L1 型低于 C 型的生存率, M 型生存率最高, Log-Rank 检验显示不同 CJFH 分型患者股骨头生存率差异有显著性意义 ( $\chi^2=15.097, P<0.05$ ), 见图 4。

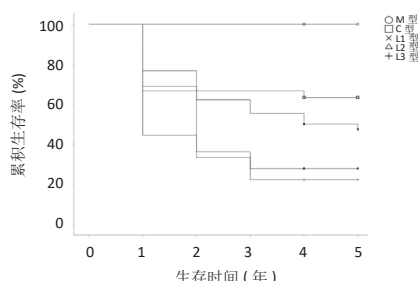


图 4 | ARCO II 期不同中日友好医院 (CJFH) 分型患者股骨头 Kaplan-Meier 生存曲线

Figure 4 | Kaplan-Meier survival curves for different China-Japan Friendship Hospital (CJFH) classifications in ARCO II stage patients

### 3 讨论 Discussion

ACRO 分期是评估股骨头坏死塌陷进程的常用分期, 其中 ACRO II 期处于股骨头坏死塌陷的关键阶段, 股骨头坏死的塌陷与否是不同治疗方案的分水岭, 此阶段的患者尚未发生塌陷, 尽量选择保髋手段治疗<sup>[10-12]</sup>。此外, 仍要重点观察与监测股骨头坏死自然病程的塌陷进展, 因为即使同处于 ARCO II 期阶段的患者, 也可能存在不同的塌陷结局, 不能很好地判断自然塌陷病程<sup>[13]</sup>。课题组前期研究表明不同坏死病灶位置对股骨头坏死自然塌陷病程有重要影响<sup>[14]</sup>, 而此次研究采用 CJFH 分型来区分病灶内、外侧位置, 此分型相对 JIC 分型而言, 不会受到解剖变异及位置移动的影响, 更能突出股骨头外侧柱位置的重要性<sup>[8, 15-16]</sup>。

该研究发现年龄和股骨头坏死塌陷具有相关性, 股骨头坏死塌陷组患者的年龄比未塌陷组偏大, 这可能由于患者股骨头的骨小梁随着年龄增大变得疏松, 继而受到激素或酒精等因素刺激后骨小梁更为薄弱, 最终在应力状态下产生塌陷<sup>[17-20]</sup>。目前新兴预测股骨头坏死的方法有很多, 如软骨下骨区域、硬化带和前外侧角保留等因素对塌陷进展均有一定影响<sup>[21-23]</sup>, 但主要观点认为不同坏死病灶位置和面积大小以及股骨头负重区的应力状态与自然塌陷病程关系最为密切<sup>[24-26]</sup>。有研究证明应力集中部位通常在股骨头的外侧区<sup>[27-29]</sup>, 且外侧区坏死的面积越大, 越容易发生塌陷, 其机制为当外侧柱的应力集中存在时, 通过压缩骨小梁的远端力传输总是耦合的, 因此股骨头外侧区的应力分散对于保持正常解剖结构的支持至关重要。该研究也证实这一观点, ARCO II 期里所有 M 型患者全部未塌陷, 说明在 CJFH 分型中骨坏死分布在病灶位置内侧且面积较小的患者塌陷率很低, 这部分患者可以选择观察等待或保守治疗。另外, C 型患者坏死部位在中央区、内侧区, 并未涉及外侧区, 塌陷率

也达到 36.7%, 故此类型患者在临床中要予以重视。而 L3 型患者塌陷率最高, L2 型和 L1 型次之, 塌陷风险分别是 C 型患者的 6.423, 3.866 和 1.704 倍, 说明随着外侧柱的坏死面积增大, 股骨头塌陷风险逐渐增高。

此外, 该研究还统计 5 年内各分型之间的塌陷率和生存率, 发现 ARCO II 期患者的 5 年内总塌陷率为 53.9%, 且股骨头累积生存率与上述塌陷风险结果相互验证: L3 型和 L2 型的累积生存率均低于其他组, L1 型低于 C 型的生存率, M 型生存率最高。但该研究也存在一定局限性: 首先, 收集患者样本量较少, 可能导致临床结果产生偏差; 其次, 纳入患者曾服用药物或物理治疗, 但对患者股骨头的塌陷进程影响较小<sup>[30-31]</sup>。

综上所述, CJFH 分型根据三柱理论划分股骨头不同坏死病灶位置, 强调股骨头外侧柱保留的重要性, 对临床中处于 ARCO II 期尚未塌陷的患者评估自然塌陷病程及预后治疗具有指导作用。

**作者贡献:** 鲁超负责试验设计, 赵汝顺负责试验实施、成文, 徐韩博负责影像资料收集, 郑鑫负责统计学分析, 杨治、许鹏负责试验评估, 郝阳泉、张莹负责文章审核。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

**版权转让:** 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

**出版规范:** 该文章撰写遵守国际医学期刊编辑委员会《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南); 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重; 文章经小同行外审专家双盲审稿, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

### 4 参考文献 References

- LIU N, ZHENG C, WANG Q, et al. Treatment of non-traumatic avascular necrosis of the femoral head (Review). *Exp Ther Med.* 2022; 23(5):321.
- CHANG C, GREENSPAN A, GERSHWIN ME. The pathogenesis, diagnosis and clinical manifestations of steroid-induced osteonecrosis. *J Autoimmun.* 2020;110:102460.
- YOON BH, MONT MA, KOO KH, et al. The 2019 Revised Version of Association Research Circulation Osseous Staging System of Osteonecrosis of the Femoral Head. *J Arthroplasty.* 2020;35(4):933-940.
- 孙伟, 李子荣. 2019 国际骨循环研究协会股骨头坏死分期 [J]. *中华骨科杂志*, 2020,40(13):889-892.
- MONT MA, SALEM HS, PIUZZI NS, et al. Nontraumatic Osteonecrosis of the Femoral Head: Where Do We Stand Today?: A 5-Year Update. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(12):1084-1099.
- 李子荣, 刘朝晖, 孙伟, 等. 基于三柱结构的股骨头坏死分型——中日友好医院分型 [J]. *中华骨科杂志*, 2012,32(6):515-520.
- OSAWA Y, SEKI T, TAKEGAMI Y, et al. Collapse Progression or Cessation Affects the Natural History of Contralateral Osteonecrosis of the Femoral Head. *J Arthroplasty.* 2021;36(12):3839-3844.

- [8] 张振南, 谢利民, 于潼, 等. 股骨头力学承载三柱结构的划分及测量 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2023,31(1):51-55.
- [9] 何敏聪, 何晓铭, 林天烨, 等. 基于 CT 坏死区重建的股骨头坏死侧位分型及其临床验证 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2023,37(4): 423-430.
- [10] 李扬, 陈晓东. 股骨头坏死的保髋治疗 [J]. 临床外科杂志, 2023, 31(4):304-307.
- [11] 袁鑫玮, 黄艺轩, 席洪钟, 等. 坏死及支撑区三维空间分布对腓骨支撑保髋结局的影响 [J]. 中国组织工程研究, 2024,28(18): 2789-2794.
- [12] NG MK, GORDON AM, PIUZZI NS, et al. Trends in Surgical Management of Osteonecrosis of the Femoral Head: A 2010 to 2020 Nationwide Study. *J Arthroplasty*. 2023;38(7S):S51-S57.
- [13] MA J, GE J, CHENG L, et al. Subchondral Bone Plate Classification: A New and More Sensitive Approach for Predicting the Prognosis of Osteonecrosis of the Femoral Head. *Cartilage*. 2023;14(3):269-277.
- [14] 赵汝顺, 郝阳泉, 许鹏, 等. 不同坏死病灶位置对非创伤性股骨头坏死自然病程的影响 [J]. 中国组织工程研究, 2024,28(6):917-921.
- [15] 徐鑫, 孙伟, 吴鑫杰, 等. 打压植骨与髓芯减压治疗 ARCO II 期非创伤性股骨头坏死的疗效对比 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(6):404-410.
- [16] 凌观汉, 李永斌, 潘学文, 等. 中日友好医院分型股骨头坏死腓骨植入治疗的三维有限元分析 [J]. 中国组织工程研究, 2020,24(18): 2817-2822.
- [17] ZHANG BF, ZHUANG Y, LIU L, et al. Current indications for acute total hip arthroplasty in older patients with acetabular fracture: Evidence in 601 patients from 2002 to 2021. *Front Surg*. 2023;9:1063469.
- [18] LIU W, WANG X, CHEN J, et al. The polymorphisms of MIR31HG gene is correlated with alcohol-induced osteonecrosis of the femoral head in Chinese Han male population. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022;13:976165.
- [19] BARNESLEY J, BUCKLAND G, CHAN PE, et al. Pathophysiology and treatment of osteoporosis: challenges for clinical practice in older people. *Aging Clin Exp Res*. 2021;33(4):759-773.
- [20] DING M, OVERGAARD S. 3-D microarchitectural properties and rod- and plate-like trabecular morphometric properties of femur head cancellous bones in patients with rheumatoid arthritis, osteoarthritis, and osteoporosis. *J Orthop Translat*. 2021;28:159-168.
- [21] LOU P, ZHOU G, WEI B, et al. Sclerotic zone in femoral head necrosis: from pathophysiology to therapeutic implications. *EFORT Open Rev*. 2023;8(6):451-458.
- [22] WEI QS, LI ZQ, HONG ZN, et al. Predicting Collapse in Osteonecrosis of the Femoral Head Using a New Method: Preserved Angles of Anterior and Lateral Femoral Head. *J Bone Joint Surg Am*. 2022;104(Suppl 2): 47-53.
- [23] KIM J, LEE SK, KIM JY, et al. CT and MRI findings beyond the subchondral bone in osteonecrosis of the femoral head to distinguish between ARCO stages 2 and 3A. *Eur Radiol*. 2023;33(7):4789-4800.
- [24] ANSARI S, GOYAL T, KALIA RB, et al. Prediction of collapse in femoral head osteonecrosis: role of volumetric assessment. *Hip Int*. 2022; 32(5):596-603.
- [25] BAHK JH, JO WL, KIM SC, et al. Lateral pillar is the key in supporting pre-collapse osteonecrosis of the femoral head: a finite element model analysis of propensity-score matched cohorts. *J Orthop Surg Res*. 2021; 16(1):728.
- [26] FAN Y, LIU X, ZHONG Y, et al. Evaluation of the predictive values of collapse and necrotic lesion boundary for osteonecrosis of the femoral head prognosis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14:1137786.
- [27] WANG P, WANG C, MENG H, et al. The Role of Structural Deterioration and Biomechanical Changes of the Necrotic Lesion in Collapse Mechanism of Osteonecrosis of the Femoral Head. *Orthop Surg*. 2022; 14(5):831-839.
- [28] WEN MT, LIANG XZ, LUO D, et al. The Effect of the Hip Flexion Angle in Osteonecrosis of the Femoral Head Based on China-Japan Friendship Hospital Classification- A Finite Element Study. *Orthop Surg*. 2023. doi: 10.1111/os.13865. Epub ahead of print.
- [29] LIU GB, LU Q, MENG HY, et al. Three-Dimensional Distribution of Bone-Resorption Lesions in Osteonecrosis of the Femoral Head Based on the Three-Pillar Classification. *Orthop Surg*. 2021;13(7):2043-2050.
- [30] MEI J, PANG L, JIANG Z. The effect of extracorporeal shock wave on osteonecrosis of femoral head: a systematic review and meta-analysis. *Phys Sportsmed*. 2022;50(4):280-288.
- [31] LEE YJ, CUI Q, KOO KH. Is There a Role of Pharmacological Treatments in the Prevention or Treatment of Osteonecrosis of the Femoral Head?: A Systematic Review. *J Bone Metab*. 2019;26(1):13-18.

(责任编辑: ZLJ, MZH, ZN, QY)