

股骨头坏死早中期力学修复支撑点放置位置选择

李帅垒, 陈晓波, 宋晓兰, 理阳, 孙永强

(河南省洛阳正骨医院 河南省骨科医院郑州院区, 河南 郑州 450008)

【摘要】 目的: 探讨股骨头坏死早中期力学修复时主要力学支撑点的放置位置对预防股骨头塌陷的作用。方法: 回顾性分析 2018 年 6 月至 2019 年 6 月早中期非创伤性股骨头坏死 17 例 22 髋, 男 14 例 18 髋, 女 3 例 4 髋; 年龄 34~47 岁; 其中激素性 6 例, 酒精性 8 例, 特发性 3 例。根据中日友好医院(China-Japan Friendship Hospital, CJFH)分型, L1 型 9 髋, L2 型 8 髋, L3 型 5 髋。所有病例给予死骨刮除, 自体髂骨颗粒打压植骨, 异体腓骨柱支撑治疗。术后给予三七接骨丸口服 3 个月。术后及随访行双髋关节 X 线检查, 手术前后采用髋关节 Harris 评分评价临床疗效。结果: 所有病例获得随访, 时间 24~38 个月。17 例 22 髋 Harris 评分由术前 58~77 分提高至末次随访 68~94 分; 术后髋关节功能评价结果: 优 3 髋, 良 11 髋, 可 3 髋, 差 5 髋。2 髋 L2 型进展到国际骨循环研究协会(Association Research Circulation Osseous, ARCO) III B 期继续观察, 2 髋 L2 型、2 髋 L3 型进展到 ARCO IV 期行全髋关节置换术, 1 髋术后 3 个月时出现感染给予旷置术。结论: 基于 CJFH 分型基础之上, 根据骨坏死的面积、体积、部位及人体生物学特点一定程度上能预测塌陷, 并在此基础上找到主要力学支撑点进行力学修复预防塌陷。

【关键词】 股骨头坏死; 生物力学; 塌陷; 修复

中图分类号: R681.8

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20221199

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Selection of placement position of support points for early and mid-term mechanical repair of femoral head necrosis

LI Shuai-lei, CHEN Xiao-bo, SONG Xiao-lan, LI Yang, SUN Yong-qiang (Henan Luoyang Orthopedic Hospital, Henan Province Orthopedic Hospital, Zhengzhou 450008, Henan, China)

ABSTRACT Objective To investigate the clinical efficacy of the placement of the main mechanical support points in the early and middle stages of mechanical repair of femoral head necrosis in preventing collapse of the femoral head. **Methods** A retrospective analysis was performed for 17 cases 22 hips of non-traumatic femoral head necrosis in the early and middle stages from June 2018 to June 2019, including 14 males 18 hips and 3 females 4 hips, aged 34 to 47 years old. Among them, 6 cases were hormonal, 8 were alcoholic and 3 were idiopathic. According to China-Japan Friendship Hospital (CJFH) classification, 9 hip were type L1, 8 were L2, 5 were L3. All cases were given dead bone scraping, autologous iliac granules pressed bone grafting, and allogeneic fibula column support treatment. After surgery, Sanqi Jiegu Pill (三七接骨丸) was administered orally for 3 months. X-rays of both hips were performed after surgery and follow-up, and the clinical efficacy was evaluated by hip Harris score before and after surgery. **Results** All cases were followed up for 24 to 38 months. The Harris score of 22 hips increased from 58 to 77 preoperative to 68 to 94 at the final follow-up. At the final follow-up, 3 hips were excellent, 11 hips were good, 3 hips were acceptable, 5 hips were poor. Two hips of L2 type progressed to ARCO III B stage and continued to be observed, 2 hips of L2 type and 2 hips of L3 type progressed to ARCO IV stage, and received total hip replacement, and 1 hip infection at 3 months after surgery was given a cement spacer. **Conclusion** Based on CJFH classification, collapse can be predicted to a certain extent according to the area, volume, location and human biological characteristics of osteonecrosis, and the main mechanical support points are found on this basis to prevent collapse.

KEYWORDS Femoral head necrosis; Biomechanics; Collapse; Repair

股骨头塌陷是股骨头坏死最重要的致病性并发症, 最终需要全髋关节置换术。这些促使了最近的研究集中在股骨头坏死塌陷的机制上, 既往研究表明,

股骨头坏死的位置和病变大小是导致股骨头塌陷的主要因素^[1], 中日友好医院分型(China-Japan Friendship Hospital, CJFH)是在股骨头坏死病变的大小和位置以及股骨头坏死国际骨循环研究协会(Association Research Circulation Osseous, ARCO)分期^[2]基础上确立的, 该分型中股骨头坏死的范围和位置是预测塌陷的公认因素^[3]。该系统可以准确预测股骨头塌陷的发生情况^[1], 这在早期股骨头坏死的髋关节

基金项目: 河南省中医药管理局重大专项(编号: 2019ZYD01)

Fund project: Major Project of Henan Provincial Administration of Traditional Chinese Medicine (No. 2019ZYD01)

通讯作者: 孙永强 E-mail: joint999@126.com

Corresponding author: SUN Yong-qiang E-mail: joint999@126.com

保留策略和临床管理中起着指导作用,但采用支撑术时具体的力学支撑点的选择并未阐述。本文主要探讨的是基于中日友好医院分型运用自体骨打压植骨,腓骨柱支撑结合三七接骨丸治疗股骨头坏死力学修复支撑点的选择及疗效观察。

1 临床资料

1.1 病例选择

诊断标准:西医诊断和分期标准参照 2015 年版《股骨头坏死临床诊疗规范》制定的诊断标准^[4]。中医诊断和分期标准参照 2002 年卫生部实施的《中药新药临床研究指导原则》修订版及国家中医药管理局颁布的骨蚀(股骨头坏死)中医临床路径(2010 年版)^[5]。根据 2019 年 ARCO 分期标准将股骨头坏死分为:I 期、II 期、III A 期、III B 期和 IV 期^[6]。CJFH 分型根据 2013 年中日友好医院(CJFH)分型将股骨头坏死分为:M 型、C 型、L1 型、L2 型、L3 型^[7],其中 M 型、C 型多为稳定型坏死,多选择非手术治疗;L 型不稳定坏死,需根据股骨头前外侧柱波及范围进行对应位置支撑重建。

纳入标准:符合成人股骨头坏死诊断标准;根据 CJFH 分型 L 型;根据 ARCO 分期 II 期、III A 期;具备完善的影像学资料,包括定期 X 线片、CT、MRI。同时符合以上 4 个条件可纳入试验病例。

排除标准:妊娠或哺乳期妇女;患侧曾经行手术干预治疗患者;类风湿性关节炎患者;强直性脊柱炎患者;未经患者本人同意。符合以上 1 条件可排除试验病例。

1.2 一般资料

回顾性分析 2018 年 6 月至 2019 年 6 月早中期非创伤性股骨头坏死患者 76 例 94 髋的病例资料,其中获得 3~5 年连续随访且资料完整者 63 例 78 髋。常规行 DR、CT、MRI 检查,均符合股骨头坏死诊断标准,按照 ARCO 分期, I 期 10 例 13 髋、II 期 8 例 9 髋(中日友好分型 M 型和 C 型)接受了非手术治疗被排除在外; III B 期 11 例 13 髋, IV 期 17 例 21 髋接受了全髋关节置换术(total hip arthroplasty, THA)被排除在外。其余 17 例 22 髋纳入临床观察, ARCO II 期 12 例 16 髋, III A 期 5 例 6 髋;基于 ARCO 分期基础上的 CJFH 分型 17 例 22 髋均属于 L 型(L1 型 7 例 9 髋、L2 型 7 例 8 髋、L3 型 3 例 5 髋)。纳入 17 例患者中,男 14 例 18 髋,女 3 例 4 髋;年龄 34~47 岁;其中激素性 6 例,酒精性 8 例,特发性 3 例。17 例患者临床资料见表 1。

2 治疗方法

2.1 手术方法

入院后即行各项检查,排除手术禁忌,在腰硬联

合麻醉下,将患者置于可透视的骨科手术床上,患侧髋部垫高 30°,常规消毒铺巾。3~5 cm 外侧入路暴露股骨近端外侧皮质,关节内旋 10~15°以消除股骨颈本身的前倾。在坏死区域股骨颈中心位置用导引针进行定位,G 臂透视观察正位和轴位导引针满意后,专用空心钻头沿导引针钻孔,逐渐扩孔至 10~12 mm,最大扩孔深度距离股骨头表面约 0.5 cm。去除导引针后,运用多向刮勺刮除坏死骨,透视确定尽可能的刮除干净,同时制备自体髂骨颗粒,颗粒大小约 3 mm×3 mm×3 mm,根据长度制备自体腓骨柱,腓骨柱骨挫或者磨钻磨圆,每间隔 1 cm 腓骨柱的 2~3 个面运用直径 1.5 mm 克氏针钻孔,利于血管化,腓骨柱接近软骨面磨平并成弧形,死骨刮除后运用自体髂骨颗粒进行植骨,并用植骨棒反复轻捶压实,再用空心钻反向扩深植骨通道至软骨下约 0.5 cm 处,反向扩深起到了再次压实植骨区,同时保证植入腓骨柱达到软骨下骨约 0.5 cm 处,插入深度测量器,确认所需骨柱长度,植入,透视确保植入深度距离股骨头表面约 0.5 cm 处。

2.2 术后处理

术后卧床 6 周,扶拐保护半负重下地行走,保持髋内旋体位。手术后第 2 天开始服用三七接骨丸(河南省洛阳正骨医院院内制剂,豫药制字 z20120242),每日 3 次,每次 6 克,连服 90 d 为 1 个疗程,服满 1 个疗程。患者存在持续疼痛、功能受限,疾病进展 ARCO 分期是 III B 期或者 IV 期建议由同一组医生行全髋关节置换术。

3 结果

手术均由同一组医师完成,术后通过电话、信件、门诊检查,复查关节疼痛、活动功能。所有患者获得随访,时间 24~38 个月。17 例患者 22 髋患者随访结果见表 1。髋关节正位及蛙式位 X 线片对股骨头坏死程度和范围进行影像学分期(CJFH 分型, ARCO 分期):2 髋 L2 型、2 髋 L3 型进展到 ARCO IV 期行全髋关节置换术;有 2 髋 L2 型进展到 ARCO III B 期股骨头塌陷及关节症状不明显,继续观察;1 髋术后 3 个月时出现植骨通道表皮葡萄球菌感染给予旷置术。根据术后复查 X 线片显示,除 2 例出现股骨头塌陷病例,其余病例股骨头较术前无明显加重,植骨区及植骨通道骨密度影增高,通道愈合良好(图 1)。末次随访采用 Harris 髋关节功能评分^[8]从疼痛、功能、畸形、关节活动度评价,总分为 100 分,优 90~100 分,良 80~90 分,可 70~90 分,差 <70 分。以股骨头进展到 III B 期或 IV 期或者全髋关节置换作为治疗失败终点。当出现股骨头坏死进展最终行关节置换或因手术并发症选择其他治疗方法时,考虑为随访

结束,之前的 Harris 评分作为随访的得分。手术前后 Harris 评分结果见表 1,末次随访 22 髋中,L1 型、L2 型和 L3 型术后总评分均高于术前;末次随访髋关节功能评价结果,优 3 髋,良 11 髋,可 3 髋,差 5 髋。

4 讨论

股骨头坏死是股骨头内血供受损或中断,引起骨细胞死亡与修复交替,继发头内微骨折、软骨下骨折,出现应力集中、“头内不稳定”状态^[9],没有早期干预和适当的治疗,高达 80%的股骨头坏死病例最终在的 1~5 年内变为股骨头塌陷^[10],预防塌陷即围塌陷期治疗也慢慢从侧重于生物学修复,转向力学修复^[11-12],越来越多证据显示生物力学稳定对股骨头坏死修复的重要性,如截骨术,不带血运的自体或同种异体骨移植术,多孔钽棒植入术,带血运骨移植术等^[13-14],同时给出力学重建后的疗效跟坏死面积、体积、部位的相关性,临床支撑术推广较多的是同种异体腓骨柱支撑术和头颈开窗植骨术^[15]。一些研究从生物学因素或力学因素中阐述了股骨头塌陷的生

物力学基础是骨坏死内部结构功能状况不佳、坏死骨的弹性模量和屈服强度的共同结果^[1],骨小梁微骨折出现于股骨头坏死的早期,并逐渐发展为软骨下骨折,最终导致股骨头塌陷、髋关节疼痛的加重和关节功能的下降^[16],且塌陷是股骨头坏死最重要的致病性并发症,当股骨头负重区发生坏死塌陷时,治疗通常效果不佳。

目前,国内外关于股骨头坏死的治疗指南或专家共识^[17-22]都认为髓芯减压术是治疗早期股骨头坏死的有效手术方式和经典治疗方法^[23-24],但髓芯减压同样只是改变了一部分股骨头内部生物学结构,使股骨头原有的承重能力有部分丧失。本研究方法秉承髓芯减压治疗早期股骨头坏死能改善股骨头颈部血运、降低骨内压、减轻疼痛的临床优势基础上,刮除死骨,运用自体髂骨颗粒进行打压植骨,再用异体腓骨柱从股骨大转子外侧植入,直达到软骨下,像“柱子”一样起到支撑作用,预防股骨头塌陷,避免或延缓髋关节置换。植骨区的自体松质骨有较高的骨

表 1 早中期非创伤性股骨头坏死 17 例患者 22 髋一般临床资料及观察随访结果

Tab.1 General clinical data and follow-up results of 17 patients 22 hips with non-traumatic femoral head necrosis in early and middle stages

患者 序号	性别	年龄/ 岁	单双 侧	ARCO 分期	CJFH 分型	病程/ 月	病因	随访时 间/月	并发 症	Harris 评分/分										
										疼痛		功能		活动度		畸形		总分		疗 效
										术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后	
1	男	41	左侧	II	L1	5	酒精性	28	无	29	41	38	41	3	4	4	4	77	90	优
2	男	35	右侧	II	L1	2	酒精性	30	无	30	31	39	42	4	4	4	4	77	81	良
3	男	41	左侧	II	L1	3	酒精性	27	无	27	32	39	42	4	4	4	4	72	82	良
			右侧	II	L1						20	31	41	44	4	4	4	4	69	83
4	男	42	右侧	II	L1	4	酒精性	25	无	21	35	39	43	4	3	3	4	67	85	良
5	女	34	左侧	II	L1	3	激素性	29	无	25	38	41	43	3	4	4	4	73	89	良
			右侧	II	L1						21	42	37	44	3	4	4	4	65	94
6	男	40	左侧	II	L1	2	激素性	32	无	20	32	39	43	4	4	4	3	67	82	良
7	男	36	右侧	II	L1	2	特发性	36	无	22	40	37	42	4	3	4	4	67	89	良
8	男	37	左侧	II	L2	5	酒精性	28	无	24	26	34	36	3	4	4	3	65	69	差
			右侧	II	L2						22	42	37	42	4	4	4	4	67	92
9	男	39	左侧	III A	L2	7	激素性	26	无	20	22	38	40	4	4	2	3	64	69	差
10	男	40	右侧	III A	L2	5	酒精性	24	感染	20	25	34	35	3	4	3	4	60	68	差
11	男	41	右侧	II	L2	7	酒精性	35	无	26	28	37	40	4	4	3	4	70	76	良
12	男	39	右侧	III A	L2	7	酒精性	25	无	25	26	34	36	4	3	3	4	66	69	差
13	女	38	右侧	II	L2	6	激素性	32	无	27	29	39	41	4	3	3	3	73	76	可
14	男	43	右侧	II	L2	4	特发性	34	无	20	38	40	40	4	4	4	4	68	86	良
15	男	47	右侧	III A	L3	10	特发性	26	无	17	24	35	40	3	4	3	4	58	72	可
16	男	45	左侧	II	L3	5	激素性	38	无	22	41	39	38	4	3	3	4	68	86	良
			右侧	II	L3						16	22	41	41	3	4	4	4	64	71
17	女	37	左侧	III A	L3	6	激素性	24	无	23	25	36	37	4	3	3	4	66	69	差
			右侧	III A	L3						26	33	39	39	3	4	4	4	72	80

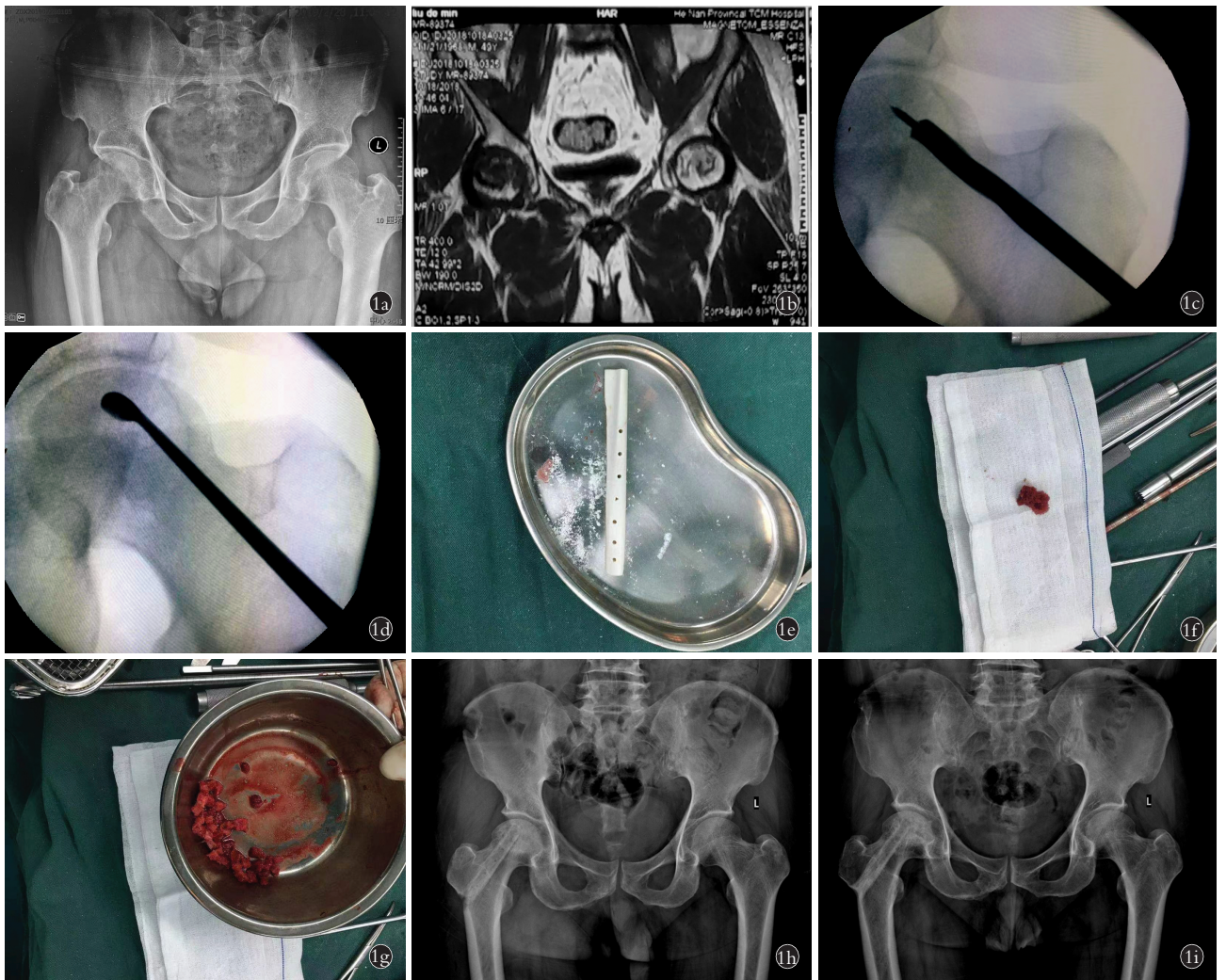


图 1 患者,男,45 岁,双侧股骨头坏死 **1a**. 术前骨盆正位 X 线片示股骨头坏死 **1b**. 术前髋关节 MRI 示 CJFH 分型右侧 L2-L3 型,左侧 C 型,右侧采用了刮除植骨支撑术,左侧采用了非手术治疗 **1c**. 建立通道 **1d**. 死骨清除 **1e**. 刮出的死骨 **1f**. 异体腓骨柱 **1g**. 髂骨颗粒 **1h**. 术后骨盆正位 X 线片示腓骨柱位置 **1i**. 术后 4 年骨盆正位 X 线片示股骨头内高密度影,异体腓骨柱愈合

Fig.1 A 45-year-old male patient with bilateral necrosis of the femoral head **1a**. Preoperative pelvic AP X-ray shows necrosis of the femoral head **1b**. Preoperative hip MRI showed right side of CJFH type L2-L3, left side of type C, the right side was supported by bone grafting, and the left side was treated non-surgically **1c**. Establishing the bone grafting channel **1d**. Scraped out the necrotic bone **1e**. The necrotic bone **1f**. Allogeneic fibula column **1g**. Iliac granules **1h**. Postoperative AP X-ray of pelvic showed position of allogeneic fibular column **1i**. AP X-ray of pelvic at 4 years after surgery showed high-density opacities in the femoral head and healing of the allogeneic fibular column

诱导,利于股骨头坏死区骨的爬行替代,而腓骨柱和打压颗粒骨结合体起到力学支撑达到力学重建,同时基于 CJFH 分型基础上选择病例尤为重要,根据分型和 CT 或者 MRI 数据,股骨头外侧壁和前侧壁只要存在一个力学稳定性相对较好,一项生物力学分析显示,股骨头前外侧在日常生活活动中支撑最重^[25-26],如果前外壁均破坏力学强度明显下降,所以腓骨柱的支撑点最主要注重重建外侧壁或者部分前侧壁,最新的分型研究也显示了外侧壁和前侧壁的重要性,股骨头外侧完全受累塌陷的风险最高^[26-27]。股骨头前部受累也是塌陷的一个重要预测因素^[25],采用腓骨柱的支撑点根据 CJFH 分型和术前评判,

如果前侧壁存在,倾向于支撑点重建偏向在外侧,如果外侧壁相对较好,主张支撑点重建偏向在前侧,如果前外侧壁出现破坏,疗效较差,选择支撑点建议以外侧壁为主适当照顾前侧壁或者改用其他保髋术式。在此基础上术者的操作如准确定位,尽量彻底的死骨刮除,腓骨柱植入与软骨下骨的厚度也是影响因素^[28]。建立了相对稳定的力学环境,异体骨的愈合爬行替代需要生物学修复的参与,中药三七接骨丸是建立在中医中药理论基础之上的,组方重活血化瘀,凉血消肿补肝肾,符合了股骨头坏死的中医机制,方中三七,土元,乳香活血破血,这些活血化瘀中药治疗股骨头坏死的生物过程与分子功能主要涉及

调节血管、血液状态及促进血管新生等方面,在改善血液高凝状态及血管通透性、促进血管的新生,进一步促进坏死的股骨头进行修复而达到治疗作用^[29],三七的研究中三七提取液可以有效改善激素性股骨头坏死免股骨头坏死组织的修复,提高骨密度^[30],血瘀致局部瘀阻,化热生痰湿,方中配丹皮凉血活血,茯苓健脾利湿相得益彰,肾气虚不能主骨生髓,山药补肾健脾补气,补肾生骨生髓,气足血行,辅助化痰,健脾渗湿兼顾利湿,三七接骨丸在股骨头坏死保髋及保髓的围手术期都有辅助生物学修复的临床和理论基础。

本治疗中同时关注特定的分型分期系统、病例选择、治疗方案的基础上,应该更多地关注最重要的预后因素,由影像学如 DR、CT、MRI 上评判的面积,体积,部位及软骨下骨折情况,记录这些因素可能会确保与之前和未来的分型分期系统相兼容^[3]。保留髋关节是年轻患者的目标,股骨头塌陷是股骨头坏死的临床转折点,一旦发生塌陷,保髓手术是不确定的^[31]。因此基于 CJFH 分型的基础上,准确预测塌陷,并在塌陷前及时给予力学受力点的有效支撑进行力学重建,有助于确定哪些患者可能从及时的干预中获益。

参考文献

- [1] WEN P F, ZHANG Y M, HAO L J, et al. The effect of the necrotic area on the biomechanics of the femoral head—a finite element study [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 211.
- [2] 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.
- [3] CHOI H R, STEINBERG M E, CHENG E Y. Osteonecrosis of the femoral head: diagnosis and classification systems [J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2015, 8(3): 210–220.
- [4] 李子荣. 股骨头坏死临床诊疗规范(2015 年版) [J]. *中华关节外科杂志(电子版)*, 2015, 9(1): 133–138.
LI Z R. Clinical diagnosis and treatment standard of femoral head necrosis (2015 edition) [J]. *Chin J Joint Surg Electron Ed*, 2015, 9(1): 133–138. Chinese.
- [5] 国家中医药管理局发布骨科九病种临床路径 [J]. *中国中医药信息杂志*, 2011, 18(1): 33.
State administration of traditional Chinese medicine released the clinical pathway of nine orthopedic diseases [J]. *Chin J Inf Tradit Chin Med*, 2011, 18(1): 33. Chinese.
- [6] 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.
SUN W, LI Z R. Interpretation of the 2019 revised version of Association Research Circulation Osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head [J]. *Chin J Orthop*, 2020, 40(13): 889–892. Chinese.
- [7] 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.
LI Z R, LIU Z H, SUN W, et al. The classification of osteonecrosis of the femoral head based on the three Pillars structure: China–Japan Friendship Hospital (CJFH) classification [J]. *Chin J Orthop*, 2012, 32(6): 515–520. Chinese.
- [8] 崔旭, 郝阳泉, 董博, 等. 髓芯减压植骨术治疗不同坏死灶位置股骨头坏死的疗效分析 [J]. *中国骨伤*, 2023, 36(3): 289–294.
CUI X, HAO Y Q, DONG B, et al. Clinical study on core decompression in treating osteonecrosis of the femoral head of the necrotic bone-in different site [J]. *China J Orthop Traumatol*, 2023, 36(3): 289–294. Chinese.
- [9] ZHAO D W, ZHANG F, WANG B J, et al. Guidelines for clinical diagnosis and treatment of osteonecrosis of the femoral head in adults (2019 version) [J]. *J Orthop Translat*, 2020, 21: 100–110.
- [10] PETEK D, HANNOUCHE D, SUVA D. Osteonecrosis of the femoral head: pathophysiology and current concepts of treatment [J]. *E-FORT Open Rev*, 2019, 4(3): 85–97.
- [11] 魏秋实, 何晓铭, 何伟, 等. 非手术保髓治疗 ARCO II 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.
WEI Q S, HE X M, HE W, et al. Clinical efficacy and influencing factors of non-operative hip preservation therapy in treatment of ARCO stage II osteonecrosis of the femoral head [J]. *Chin J Bone Jt Surg*, 2022, 15(6): 424–430. Chinese.
- [12] 刘予豪, 周驰, 陈雷雷, 等. 基于股骨头坏死围塌陷期理论的保髓术式总结 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31(8): 1010–1015.
LIU Y H, ZHOU C, CHEN L L, et al. A summary of hip-preservation surgery based on peri-collapse stage of osteonecrosis of femoral head [J]. *Chin J Reparative Reconstr Surg*, 2017, 31(8): 1010–1015. Chinese.
- [13] ZHANG Y K, WANG X Y, JIANG C, et al. Biomechanical research of medial femoral circumflex vascularized bone-grafting in the treatment of early-to-mid osteonecrosis of the femoral head: a finite element analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 441.
- [14] 叶奕亨, 陈凯, 金可可, 等. 塌陷前期股骨头坏死的保头手术治疗的进展 [J]. *中国骨伤*, 2017, 30(3): 287–292.
YE Y H, CHEN K, JIN K K, et al. Progress on surgical treatment for femoral head preserving in the precollapse stage of femoral head necrosis [J]. *China J Orthop Traumatol*, 2017, 30(3): 287–292. Chinese.
- [15] KONARSKI W, POBOZY T, ŚLIWCZYNSKI A, et al. Avascular necrosis of femoral head—overview and current state of the art [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(12): 7348.
- [16] KANEKO S, TAKEGAMI Y, SEKI T, et al. Surgery trends for osteonecrosis of the femoral head: a fifteen-year multi-centre study in Japan [J]. *Int Orthop*, 2020, 44(4): 761–769.
- [17] KURODA Y, TANAKA T, MIYAGAWA T, et al. Classification of osteonecrosis of the femoral head: who should have surgery [J]. *Bone Joint Res*, 2019, 8(10): 451–458.
- [18] 李子荣, 张鹤山, 李子荣. 股骨头坏死诊断与治疗的专家建议 [J]. *中华骨科杂志*, 2007, 27(2): 146–148.
LI Z R, ZHANG H S, LI Z. 股骨头坏死诊断与治疗的专家建议 [J]. *Chin Gen Pract*, 2007, 27(2): 146–148. Chinese.
- [19] 中华医学会骨科分会显微修复学组, 中国修复重建外科专业委员会骨缺损及骨坏死学组. 成人股骨头坏死诊疗标准专家共识 (2012 年版) [J]. *中国骨与关节外科杂志*, 2012, 5(2):

- 188–195.
- MICROSCOPIC REPAIR GROUP OF ORTHOPAEDIC BRANCH OF CHINESE MEDICAL ASSOCIATION, BONE DEFECT AND OSTEONECROSIS GROUP OF CHINESE PROFESSIONAL COMMITTEE FOR REPAIR AND RECONSTRUCTIVE SURGERY. Expert consensus on diagnosis and treatment standards of adult femoral head necrosis (2012 edition)[J]. *Chin J Bone Jt Surg*, 2012, 5(2): 188–195. Chinese.
- [20] 中华医学会骨科分会显微修复学组. 成人股骨头坏死诊疗标准专家共识(2012年版)[J]. *中华骨科杂志*, 2012, 32(6): 606–610.
- MICROREPAIR GROUP, ORTHOPAEDIC BRANCH OF CHINESE MEDICAL ASSOCIATION. Expert consensus on diagnosis and treatment standards for adult femoral head necrosis (2012 Edition)[J]. *Chin J Orthop*, 2012, 32(6): 606–610. Chinese.
- [21] 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.
- PROFESSIONAL COMMITTEE OF OSTEOCIRCULATION AND OSTEONECROSIS, ORTHOPAEDIC PHYSICIAN BRANCH OF CHINESE MEDICAL DOCTOR ASSOCIATION, BONE MICROREPAIR GROUP, ORTHOPAEDIC BRANCH OF CHINESE MEDICAL ASSOCIATION, INTERNATIONAL SOCIETY OF BONE CIRCULATION OF CHINA. Chinese guidelines for clinical diagnosis and treatment of osteonecrosis of the femoral head in adults(2020)[J]. *Chin J Orthop*, 2020, 40(20): 1365–1376. Chinese.
- [22] 中国医师协会骨科医师分会显微修复工作委员会, 中国修复重建外科专业委员会骨缺损及骨坏死学组, 中华医学会骨科分会显微修复学组. 成人股骨头坏死临床诊疗指南(2016)[J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(15): 945–954.
- THE MICROSURGERY DEPARTMENT OF THE ORTHOPEDICS BRANCH OF THE CHINESE MEDICAL DOCTOR ASSOCIATION, THE GROUP FROM THE OSTEONECROSIS AND BONE DEFECT BRANCH OF THE CHINESE ASSOCIATION OF REPARATIVE AND RECONSTRUCTIVE SURGERY, THE MICROSURGERY AND RECONSTRUCTIVE SURGERY GROUP OF THE ORTHOPEDICS BRANCH OF THE CHINESE MEDICAL ASSOCIATION. Chinese guideline for the diagnosis and treatment of osteonecrosis of the femoral head (2016)[J]. *Chin J Orthop*, 2016, 36(15): 945–954. Chinese.
- [23] MA J X, HE W W, ZHAO J, et al. Bone microarchitecture and biomechanics of the necrotic femoral head[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 13345.
- [24] COHEN–ROSENBLUM A, CUI Q J. Osteonecrosis of the femoral head[J]. *Orthop Clin North Am*, 2019, 50(2): 139–149.
- [25] KURODA Y, OKUZU Y, KAWAI T, et al. Difference in therapeutic strategies for joint-preserving surgery for non-traumatic osteonecrosis of the femoral head between the United States and Japan: a review of the literature[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(3): 742–748.
- [26] MA J H, SUN W, GAO F Q, et al. Porous tantalum implant in treating osteonecrosis of the femoral head: still a viable option[J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 28227.
- [27] 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.
- [28] TAKASHIMA K, SAKAI T, HAMADA H, et al. Which classification system is most useful for classifying osteonecrosis of the femoral head[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2018, 476(6): 1240–1249.
- [29] 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.
- WEI Q S, HE W, ZHANG Q W, et al. Clinical significance of different imaging manifestations of osteonecrosis of femoral head in the peri-collapse stage[J]. *Chin J Reparative Reconstr Surg*, 2021, 35(9): 1105–1110. Chinese.
- [30] 辛鹏飞, 柯梦楠, 张海涛, 等. 活血化痰中药治疗股骨头坏死共同作用机制的网络药理学数据[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(17): 2727–2733.
- XIN P F, KE M N, ZHANG H T, et al. Common mechanism of Chinese herbs for promoting blood circulation and removing blood stasis in the treatment of osteonecrosis of the femoral head: an analysis based on network pharmacology[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2021, 25(17): 2727–2733. Chinese.
- [31] 桂先革, 蒋增辉, 陈标, 等. 中药三七对激素性股骨头坏死兔股骨头微结构的影响及其机制[J]. *新中医*, 2019, 51(12): 9–12.
- GUI X G, JIANG Z H, CHEN B, et al. Effect of Radix et rhizoma notoginseng on the microstructure of femoral head in rabbits with steroid-induced osteonecrosis of femoral head and its mechanism[J]. *J N Chin Med*, 2019, 51(12): 9–12. Chinese.
- [31] WU Z S, HONG G J, YANG P, et al. The survival of non-traumatic osteonecrosis of femoral head at ARCO II with ring-shaped sclerotic zone: a mid-term follow-up retrospective study[J]. *J Hip Preserv Surg*, 2021, 7(4): 705–712.

(收稿日期:2023–10–20 本文编辑:王玉蔓)