

• 临床研究 •

股骨头坏死疼痛与 I 型胶原羧基端肽 β 交联肽
及骨髓水肿的相关性任之强¹ 阎晓霞^{1△} 赵志强¹ 李龙飞² 吴秀丽² 李金菊¹

[摘要] 目的:分析轻度与中重度疼痛股骨头坏死(Osteonecrosis of Femoral Head, ONFH)患者血清 I 型胶原羧基端肽 β 交联肽(β -CTX)水平与骨髓水肿分级的差异,探讨疼痛与 β -CTX 水平及骨髓水肿的相关性。方法:自 2022 年 1 月至 2023 年 6 月,将符合纳入标准的 99 例股骨头坏死患者,根据入院时视觉模拟量表(VAS)评分高低分为两组。A 组为轻度疼痛患者(VAS 评分 ≤ 3 分),47 例;B 组为中重度疼痛患者(VAS 评分 ≥ 4 分),52 例。所有患者经保守治疗 6 个月后比较治疗前后患者血清 β -CTX 水平及骨髓水肿分级。结果:治疗前 A 组 VAS 评分为 1.74 ± 0.98 , β -CTX 水平为 0.72 ± 0.17 ;B 组 VAS 评分为 5.27 ± 1.08 , β -CTX 水平为 0.59 ± 0.23 。两组之间 β -CTX 水平差异有统计学意义($P < 0.05$);Pearson 相关分析表明,VAS 评分与 β -CTX 水平呈低度正相关($r = 0.269, P = 0.007$)。治疗 6 个月后 A 组与 B 组患者 VAS 评分分别为 1.47 ± 0.90 和 3.87 ± 1.52 ; β -CTX 水平分别为 0.38 ± 0.18 和 0.42 ± 0.23 ,治疗前后 β -CTX 水平差异有统计学意义($P < 0.05$)。骨髓水肿分级:治疗前 A 组 1 级 18 例,2 级 23 例,3 级 6 例;B 组,1 级 7 例,2 级 21 例,3 级 24 例。治疗后骨髓水肿分级:A 组 0 级 2 例,1 级 33 例,2 级 10 例,3 级 2 例;B 组 0 级 1 例,1 级 16 例,2 级 23 例,3 级 12 例。卡方检验结果表明,治疗前后患者疼痛程度与骨髓水肿分级有相关性,非参数检验表明各疼痛程度下骨髓水肿分级的平均秩次呈递增趋势。结论:股骨头坏死患者疼痛轻重与血清 β -CTX 水平及骨髓水肿分级呈正相关,中重度疼痛较轻度疼痛患者,其血清 β -CTX 水平及骨髓水肿分级均明显更高,提示坏死区域破骨细胞异常活跃导致的骨吸收及骨髓水肿所致的骨内高压可能是引起患者疼痛的重要因素。

[关键词] 股骨头坏死;磁共振成像;疼痛视觉模拟量表评分;I 型胶原羧基端肽 β 交联肽

[中图分类号] R681.8 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2024)07-0052-05

DOI: 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.240709

Correlation Analysis of Pain Scores with Serum β -CTX and Bone
Marrow Edema in Patients with Femoral Head NecrosisREN Zhiqiang¹ YAN Xiaoxia^{1△} ZHAO Zhiqiang¹ LI Longfei² WU Xiuli² LI Jinju¹

¹ Luoyang Orthopedic-Traumatological Hospital of Henan Province (Henan Provincial Orthopedic Hospital), Luoyang 471002, Henan China;

² Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China.

Abstract Objective: To analyze the differences between serum collagen type I carboxyl telopeptide β cross-linked peptide (β -CTX) and bone marrow edema grade in patients with mild to moderate to severe pain osteonecrosis of femoral head (ONFH), and to explore the correlation between pain and β -CTX and bone marrow edema. **Methods:** From January 2022 to June 2023, 99 patients with ONFH who were admitted to our department and met the inclusion criteria were divided into two groups according to the VAS score at the time of admission. Group A consisted of 47 patients with mild pain (VAS

scores ≤ 3); in group B, 52 patients with moderate to severe pain (VAS scores ≥ 4) were present. After 6 months of conservative treatment, the serum β -CTX level and bone marrow edema grade of all patients before and after treatment were compared. **Results:** The VAS scores of group A were 1.74 ± 0.98 and β -CTX were 0.72 ± 0.17 before treatment, while the VAS scores of group B were 5.27 ± 1.08 and β -

基金项目:河南省中医药科学研究专项课题(2022ZYDZ14)

河南省科技攻关项目(232102310423)

¹ 河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)(河南 洛阳, 471002)

² 河南中医药大学

[△]通信作者 E-mail: 641594851@qq.com

CTx were 0.59 ± 0.23 . There was a statistically significant difference in β -CTx between the two groups ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that VAS was positively correlated with β -CTx, $r = 0.269$ and $P = 0.007$. After half a year of treatment, the VAS scores of group A and group B were 1.47 ± 0.90 , 3.87 ± 1.52 , and β -CTx were 0.38 ± 0.18 , 0.42 ± 0.23 , respectively, and the difference between β -CTx before and after treatment was statistically significant ($P < 0.05$). Bone marrow edema grade, group A before treatment, 18 patients with grade 1, 23 patients with grade 2, and 6 patients with grade 3; Group B, 7 in Level 1, 21 in Level 2 and 24 in Level 3. After treatment, there were 2 people in group A with grade 0, 33 from grade 1, 10 from grade 2, and 2 from grade 3. Group B has 1 person in Level 0, 16 people in Level 1, 23 people in Level 2, and 12 people in Level 3. The results of Chi-square test showed that there was a correlation between the pain level and the bone marrow edema grade before and after treatment, and the non-parametric test showed that the average rank of bone marrow edema grade under each pain degree showed an increasing trend. **Conclusion:** In patients with ONFH, the severity of pain is positively correlated with serum β -CTx level and bone marrow edema grade. Patients with moderate to severe pain had significantly higher serum β -CTx levels and bone marrow edema grades, suggesting that bone resorption caused by abnormal activity of osteoclasts in the necrotic area and intraosseous hypertension caused by bone marrow edema may be important factors causing pain.

Keywords: osteonecrosis of femoral head; magnetic resonance imaging (MRI); visual analogue scale (VAS) score; β -CTx

股骨头坏死(ONFH)在磁共振成像(MRI)检查中可见骨髓水肿、关节腔积液。患者疼痛症状除与骨髓水肿直接相关外^[1],还与坏死骨组织内的骨吸收破坏情况也密切相关^[2]。而骨的破坏吸收可以通过检测骨代谢标志物水平反映出来,当前用于检测破骨细胞活性的骨代谢指标主要有抗酒石酸酸性磷酸酶、尿吡啶啉、I 型胶原 C-末端肽交联(β -CTx)等。 β -CTx 以其特异性高且生物学变异较少被临床广泛应用,因而本研究拟通过对比不同程度疼痛下股骨头坏死患者血清 β -CTx 水平及 MRI 骨髓水肿分级差异,分析 β -CTx 水平及骨髓水肿分级与患者髋部疼痛的相关性,探讨从实验室及影像学等方面为评估股骨头坏死患者疼痛因素找到客观参照,为指导制定合理有效的治疗方法提供参考。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

收集 2022 年 1 月至 2023 年 6 月河南省洛阳正骨医院骨坏死科收治的 99 例股骨头坏死患者,根据入院时视觉模拟量表(VAS)评分高低分为 A 组和 B 组。

1.2 诊断标准

参考《中国成人股骨头坏死临床诊疗指南(2020)》^[3]。

1.3 纳入标准

符合股骨头坏死诊断标准;年龄为 18~70 岁;获得患者知情同意。

1.4 排除标准

存在磁共振检查禁忌证者;骨质疏松、代谢性骨病及合并骨肿瘤者;服用双膦酸盐类药物患者。

1.5 方法

1.5.1 分组方法 根据患者入院后 VAS 评分,将患者分入相应组内。A 组 VAS 评分为 0~3 分,为轻度

疼痛患者。B 组 VAS 评分为 4~10 分,为中重度疼痛患者。所有患者均行拄拐、中医药保守治疗半年,治疗前后测量血清 β -CTx 水平并行双髋关节 MRI 检查进行骨髓水肿分级。

1.5.2 研究指标 血清 β -CTx 水平:所有患者均在早晨空腹时抽取静脉血 4 mL,送本院检验科采用酶联免疫吸附试验对血清中的 β -CTx 水平进行检测。

MRI 检查:采用 3.0T MRI(德国西门子公司)对所有患者双髋关节进行检查,采用分级法评估骨髓水肿。骨髓水肿的 MRI 诊断标准^[4]:髓腔中 T_1 加权像出现低于脂肪的信号;病灶之外的 T_2 加权像上位出现弥散性、边界不清的高信号; T_2 抑脂像上有明显高信号。

骨髓水肿分级^[5]:0 级,股骨上段无水肿;1 级,水肿局限于股骨头区;2 级,水肿局限于股骨头及股骨颈区;3 级,水肿自股骨头延伸至粗隆下。

1.6 统计学方法

采用 SPSS18.0 统计软件进行分析。计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 检验或秩和检验。采用列联表 χ^2 检验分析 β -CTx 水平与 VAS 评分及 MRI 影像学表现的关联性,以列联系数 C 表示关联程度,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

A 组 47 例,男 29 例,女 18 例;年龄为 25~57 岁,平均为 (42.09 ± 8.617) 岁;病程为 1~13 个月,平均为 (5.87 ± 2.49) 个月;双侧 22 例,单侧 25 例;酒精性 3 例,激素性 6 例,特发性 38 例;国际骨循环协会 ARCO II 期 41 例,III 期 6 例。B 组 52 例,男 32 例,女 20 例;年龄为 21~61 岁,平均为 (41.12 ± 9.418) 岁;病程为 1~12 个月,平均为 (5.44 ± 2.73) 个月;双侧 26 例,单

侧 26 例;酒精性 5 例,激素性 8 例,特发性 39 例;国际骨循环协会 ARCO II 期 42 例,III 期 10 例。两组患者年龄、病程、身高等一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),有可比性(见表 1)。

表 1 两组患者一般资料比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	年龄/岁	病程/月	身高/cm	体重/kg	体重指数/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)
A 组	47	42.09±8.617	5.87±2.49	166.43±7.709	55.30±8.264	22.866±3.0177
B 组	52	41.12±9.418	5.44±2.73	167.81±6.672	52.921±1.370	22.496±3.9676
<i>P</i>		0.596	0.417	0.328	0.242	0.606

2.2 两组患者 VAS 评分及 β -CTx 相比较

治疗前,A 组 VAS 评分为 1.74 ± 0.98 , β -CTx 水平为 0.72 ± 0.17 ;B 组 VAS 评分为 5.27 ± 1.08 , β -CTx 水平为 0.59 ± 0.23 。两组之间 β -CTx 水平差异有统计学意义($P<0.05$);Pearson 相关分析表明,VAS 评分与 β -CTx 水平呈低度正相关($r=0.269$, $P=0.007$)(见表 2)。治疗 6 个月后 A 组与 B 组患者 VAS 评分分别为 1.47 ± 0.90 和 3.87 ± 1.52 ; β -CTx 水平分别为 0.38 ± 0.18 和 0.42 ± 0.23 ,治疗前后 β -CTx 水平差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 2 两组患者 VAS 评分与 β -CTx 水平比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS 评分		β -CTx	
		治疗前/分	治疗后/分	治疗前/($\text{ng}\cdot\text{mL}^{-1}$)	治疗后/($\text{ng}\cdot\text{mL}^{-1}$)
A 组	47	1.74±0.98	1.47±0.90	0.72±0.17	0.38±0.18
B 组	52	5.27±1.08	3.87±1.52	0.59±0.23	0.42±0.23
<i>P</i>		<0.001	<0.001	0.020	0.290

2.3 骨髓水肿分级

治疗前,A 组 1 级 18 例,2 级 23 例,3 级 6 例;B 组 1 级 7 例,2 级 21 例,3 级 24 例。治疗后 A 组 0 级 2 例,1 级 33 例,2 级 10 例,3 级 2 例;B 组 0 级 1 例,1 级 16 例,2 级 23 例,3 级 12 例。卡方检验结果表明,治疗前后患者疼痛程度与骨髓水肿分级有相关性,非参数检验表明各疼痛程度下骨髓水肿分级的平均秩次呈递增趋势(见表 3 和表 4)。

表 3 治疗前两组患者骨髓水肿的髋关节数量分布[例(%)]

组别	骨髓水肿分级			合计	平均秩次/次
	1 级	2 级	3 级		
A 组	18(38.3%)	23(48.9%)	6(12.8%)	47	39.01
B 组	7(13.5%)	21(40.4%)	24(46.2%)	52	59.93
<i>Z</i>	-3.884				
<i>P</i>	<0.001				

表 4 治疗后两组患者中骨髓水肿的髋关节数量分布[例(%)]

组别	骨髓水肿分级				合计	平均秩次/次
	0 级	1 级	2 级	3 级		
A 组	2(4.3%)	33(70.2%)	10(21.3%)	2(4.2%)	47	38.36
B 组	1(1.9%)	16(30.8%)	23(44.2%)	12(23.1%)	52	60.52
<i>Z</i>	-4.185					
<i>P</i>	<0.001					

2.4 典型病例

典型病例影像资料见图 1-图 3。

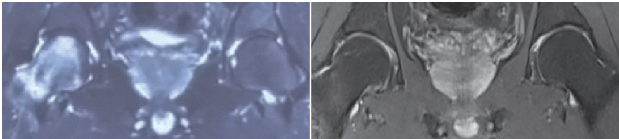


图 1 患者 1,男,右侧股骨头坏死,经治疗后骨髓水肿分级由 3 级变为 0 级,VAS 评分由 7 分降至 1 分

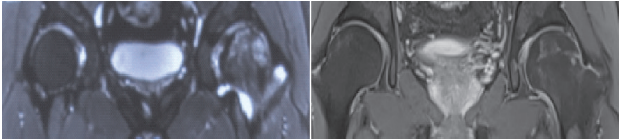


图 2 患者 2,男,双侧股骨头坏死,经治疗后左侧股骨头骨髓水肿分级由 2 级变为 0 级,VAS 评分由 5 分降至 2 分

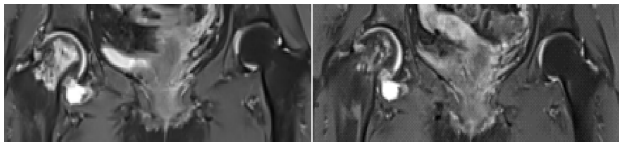


图 3 患者 3,女,右侧股骨头坏死,经治疗后骨髓水肿分级由 2 级变为 1 级,VAS 评分由 6 分降至 2 分

3 讨论

绝大多数股骨头坏死的病理进程都遵循“坏死-修

复-塌陷-骨关节炎”这一过程^[6],而塌陷前期是保守治疗的最佳时机,一旦发生塌陷,进入骨关节炎期将错失保守治疗的机会。因此,如何有效评估患者股骨头塌陷风险是预防塌陷并制定保髋治疗方案的关键所在。股骨头坏死保守治疗最佳时机是处于塌陷前期,塌陷前尽早采取保髋治疗方法,预防股骨头塌陷是治疗的关键^[7]。目前,多数医生^[8]根据患者临床症状和影像学表现评估股骨头塌陷的风险,如持续剧烈的髋部疼痛、行走受限,或者 MRI 观察有骨髓大面积水肿、关节

积液等。近期相关研究发现^[2,9],股骨头塌陷的发生还与坏死骨组织修复能力相关。国内外多数研究发现,短期内股骨头发生快速坏死以及大面积水肿主要与破骨细胞功能亢进并发过强的骨吸收密切相关^[10-11]。由于骨吸收和骨形成动态平衡被打破,骨形成减弱而吸收增强,导致骨代谢平衡向骨吸收倾斜,从而表现为血清中破骨细胞代谢标志物水平上升。 β -CTx 为细胞外基质中胶原纤维的降解产物,可反映骨基质的降解速率和破骨细胞的活性,是破骨细胞分解代谢产生的标志物之一,具有较强的特异性,能够反映机体破骨细胞代谢状态,在许多骨代谢异常的疾病中均可伴有该物质水平异常升高,并且血清 β -CTx 升高水平与损伤轻重及疾病进展的快慢都直接相关^[12]。本研究结果显示,中重度疼痛组患者 VAS 评分明显高于轻度疼痛组患者,且 VAS 评分与 β -CTx 水平呈低度正相关,表明股骨头坏死患者血清 β -CTx 升高水平与骨坏死疼痛轻重直接相关。

疼痛往往提示股骨头已经出现不稳或塌陷,且疼痛时间越长,往往提示坏死已处于塌陷后阶段^[13]。有研究者通过对比分析股骨头坏死患者塌陷前后和疼痛时间与影像学表现的相关性,发现疼痛可作为塌陷前一种主观表现,且对应在 MRI 上则显示为股骨头水肿影像学表现^[14]。Fairbank 等^[15]也发现,相比于正常患者,股骨头坏死患者股骨头骨内压明显更高,从而证实骨内压升高与骨坏死有关。有研究者^[16]进一步研究证实,骨内微循环障碍及骨髓水肿是导致股骨头骨内压升高的主要原因。以上研究均表明,患者疼痛轻重与骨髓水肿存在一定的相关性。笔者通过对轻度与中重度股骨头坏死患者骨髓水肿分级对比研究发现,患者疼痛程度与骨髓水肿分级有相关性,表现为疼痛程度与骨髓水肿分级的平均秩次呈递增趋势,即骨髓水肿越严重,疼痛评分也越高。MRI 作为早期检查诊断骨坏死的主要手段,其敏感性优于骨核素扫描、CT 及 X 线检查,可以在骨质塌陷及修复以前反映出骨髓细胞的变化。骨细胞坏死、骨髓水肿等骨内高压改变在 T_2 WI 呈高信号病理特征。由于破骨细胞活性增强,导致骨吸收活跃,骨小梁数目减少以及直径变细,超负荷的应力集中导致股骨头内骨小梁微骨折,骨内压升高,从而在 MRI T_2 WI 上表现为高信号特征。从临床来看,许多患者虽然 MRI 已显示股骨头坏死,但只要股骨头未发生塌陷,患者通常没有疼痛及其他症状,一旦发生塌陷,疼痛总是不可避免,由此提示疼痛可以作为评估塌陷的一个重要指标。临床经验表明,一旦出现髋部或膝关节内侧疼痛,往往提示股骨头发生了塌陷。虽然本研究未能对患者疼痛及骨髓水肿分级与股骨头塌陷的关系加以探讨,但从疼痛与 β -CTx

水平呈正相关且疼痛程度与骨髓水肿分级的平均秩次呈递增趋势,推测股骨头坏死患者由于 β -CTx 异常升高,导致患者骨破坏严重,骨破坏进一步引起骨小梁微骨折,从而导致患者出现疼痛加重且 MRI 上表现为骨髓水肿分级更高。

关于股骨头坏死产生疼痛的机制尚不完全清楚,Cohen 等^[17]认为由于骨髓中富含痛觉神经纤维,髋部疼痛的产生可能与此有关。袁强等^[18]认为股骨头坏死必然导致出现滑膜炎反应,过高浓度的炎症因子也可能是导致疼痛产生的原因之一。另外,何伟等^[19]研究指出,股骨头坏死患者髋关节疼痛和骨髓水肿之间存在一定的相关性。本研究也表明患者疼痛越严重,骨髓水肿分级也越高。Koo 等^[20]研究发现,骨髓水肿作为股骨头坏死修复过程中的一种慢性炎症反应,常存在于大多数坏死患者当中。Chan 等^[21]则进一步认识到骨髓水肿的发生是由于股骨头内毛细血管内皮细胞损伤、静脉回流不畅导致坏死区域骨微循环障碍所致。另外,近年来研究发现^[22],对于处在股骨头坏死中后期的患者比较容易出现骨髓水肿。本研究发现,疼痛越严重且骨髓水肿分级越高的患者,其血清 β -CTx 水平也越高,猜测其原因很可能和坏死与修复反应所引起股骨头机械应力分布异常有关。由于破骨细胞活性异常增强,导致骨破坏加快,从而引发股骨头内部稳定性降低或丧失,如果再受到不合理负重等不当外力影响,就可能导致骨髓内的压力在短时间内急剧增加引发骨髓局部充血,细胞液外渗,从而形成骨髓水肿,并导致患者疼痛加重。

通过本研究发现,股骨头坏死中重度疼痛的患者较轻度疼痛患者,其血清 β -CTx 水平更高且骨髓水肿范围更大。由此表明疼痛轻重与患者骨髓水肿分级及骨破坏速度快慢密切相关,也提示临床医师对于不同疼痛程度的股骨头坏死就诊患者,能够根据患者疼痛轻重预判患者坏死部位破骨细胞代谢活性及骨髓水肿范围情况,从而为制定合理的临床治疗措施提供参考。

参考文献

- [1] ASMUS A, VOGEL K, VOGEL A, et al. Pedicled vascularized iliac bone graft for treatment of osteonecrosis of the femoral head[J]. Oper Orthop Traumatol, 2020, 32(2):127-138.
- [2] GONG S D, CHEN X J, CHEN Z Q, et al. Elevated plasma cartilage oligomeric matrix protein (COMP) level are associated with the progression of non-traumatic osteonecrosis of femoral head[J]. Clin Chim Acta, 2019, 490:214-221.
- [3] 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.
- [4] 陈超, 尹阳, 李娜, 等. 髋部骨髓水肿综合征的 MRI 诊断[J]. 分子影像学杂志, 2017, 40(1): 27-29.
- [5] 赵培荣, 庄奇新, 乔瑞华, 等. 股骨头缺血坏死骨髓水肿的 MRI 研究[J]. 实用放射学杂志, 2006, 22(7): 835-837.
- [6] 魏秋实, 李子祺, 袁颖嘉, 等. “标本兼治”理论对股骨头坏死中医药治疗的指导作用[J]. 中医正骨, 2020, 32(1): 56-59.
- [7] CRIM J, LAYFIELD L J, STENSBY J D, et al. Comparison of radiographic and pathologic diagnosis of osteonecrosis of the femoral head[J]. *Am J Roentgenol*, 2021, 216(4): 1014-1021.
- [8] 于潼, 谢利民, 张振南. 影像学预测股骨头坏死塌陷的研究进展[J]. 实用骨科杂志, 2014, 20(5): 430-433.
- [9] HE M C, ZHANG J, CHEN X J, et al. Osteoclastic activity was associated with the development of steroid-induced osteonecrosis of femoral head[J]. *Artif Cells Nanomed Biotechnol*, 2020, 48(1): 1036-1046.
- [10] OGAWA K, MAWATARI M, KOMINE M, et al. Mature and activated osteoclasts exist in the synovium of rapidly destructive coxarthrosis[J]. *J Bone Miner Metab*, 2007, 25(5): 354-360.
- [11] 赵云鹤, 赵拴柱, 朱延兵, 等. 快速破坏性髋骨关节病的形态演变与治疗[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(5): 395-396.
- [12] JORDAN K M, SYDDALL H E, GARNERO P, et al. Urinary CTX-II and glucosyl-galactosyl-pyridinoline are associated with the presence and severity of radiographic knee osteoarthritis in men[J]. *Ann Rheum Dis*, 2006, 65(7): 871-877.
- [13] 胡学元, 李国瑛. 中西医结合治疗早期股骨头坏死的临床体会[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2013, 21(6): 53-54.
- [14] 曾平, 何伟, 韦标方. 股骨头坏死伴随骨髓水肿的研究进展[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2009, 17(10): 67-69.
- [15] FAIRBANK A C, BHATIA D, JINNAH R H, et al. Long-term results of core decompression for ischaemic necrosis of the femoral head[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1995, 77(1): 42-49.
- [16] 刘忠堂, 王坤正, 池永龙, 等. PGE₂ 和 TXB₂ 在酒精性股骨头骨坏死中的意义[J]. 临床骨科杂志, 2002(2): 90-93.
- [17] COHEN-ROSENBLUM A, CUI Q. Osteonecrosis of the femoral head[J]. *Orthop Clin North Am*, 2019, 50(2): 139-149.
- [18] 袁强, 张颖, 林继红, 等. 股骨头坏死硬化带分型与骨髓水肿及疼痛程度的相关性分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2023, 31(1): 40-45.
- [19] 何伟, 曾勤, 张庆文, 等. 非创伤性股骨头坏死骨髓水肿与疼痛分级及坏死分期相关性的研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2008(3): 299-302.
- [20] KOO K H, AHN I O, KIM R, et al. Bone marrow edema and associated pain in early stage osteonecrosis of the femoral head: prospective study with serial MR images[J]. *Radiology*, 1999, 213(3): 715-722.
- [21] CHAN W P, LIU Y J, HUANG G S, et al. MRI of joint fluid in femoral head osteonecrosis[J]. *Skeletal Radiol*, 2002, 31(11): 624-630.
- [22] TARANTINO U, GREGGI C, CARIATI I, et al. Bone marrow edema: overview of etiology and treatment strategies[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2022, 104(2): 189-200.

(收稿日期: 2023-12-01)

(上接第 51 页)

- [10] SUNDARARAJAN S R, RAMAKANTH R, SETHURAMAN A S, et al. Correlation of factors affecting correction of meniscal extrusion and outcome after medial meniscus root repair[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2021, 142(5): 823-834.
- [11] 彭超, 刘云鹏, 华国军, 等. 退行性内侧半月板后根撕裂半月板部分切除前后髌膝踝角与骨性关节炎进展的影像学评估[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(21): 3368-3373.
- [12] OKAZAKI Y, FURUMATSU T, SHIMAMURA Y, et al. Time-dependent increase in medial meniscus extrusion after medial meniscus posterior root tear analyzed by using magnetic resonance imaging[J]. *Knee Surg Relat Res*, 2019, 31(2): 120-125.
- [13] WOLF B R, GULBRANDSEN T R. Degenerative meniscus tear in older athletes[J]. *Clin Sports Med*, 2020, 39(1): 197-209.
- [14] KENNEDY M L, STRAUSS M, LAPRADE R F. Injury of the meniscus root[J]. *Clin Sports Med*, 2020, 39(1): 57-68.
- [15] DEBIEUX P, JIMENEZ A E, NOVARETTI J V, et al. Medial meniscal extrusion greater than 4 mm reduces medial tibiofemoral compartment contact area: a biomechanical analysis of tibiofemoral contact area and pressures with varying amounts of meniscal extrusion[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29(9): 3124-3132.
- [16] 汪睿, 钱银锋, 王紫明, 等. 半月板根部撕裂与膝骨性关节炎严重度的关系[J]. 放射学实践, 2019, 34(6): 664-667.
- [17] AKHAVAN S, MARTINKOVICH S C, KASIK C, et al. Bone marrow edema, clinical significance, and treatment options: a review[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2020, 28(20): e888-e899.

(收稿日期: 2024-01-08)