

重度膝关节炎患者骨髓水肿与骨质疏松的相关性研究

肖龙文^{1,2}, 桑志成²

(1. 丰盛中医骨伤专科医院, 北京 100033; 2. 中国中医科学院望京医院骨关节二科, 北京 100102)

【摘要】 目的: 探讨重度膝关节炎患者骨髓水肿与骨质疏松的关系。方法: 采用非匹配型病例对照研究, 自 2020 年 1 月至 2021 年 3 月收治已行膝关节 MRI 及双能 X 线吸收测定法 (dualenergy X-ray absorptiometry, DXA) 骨密度 (bone mineral density, BMD) 检查的 160 例重度膝关节炎患者, 其中合并骨髓水肿的患者 80 例为骨髓水肿组, 不合并骨髓水肿的患者 80 例为无骨髓水肿组。骨髓水肿组男 12 例, 女 68 例; 年龄 51~80 (66.58±8.10) 岁; 病程 5~40 (15.61±9.25) 个月; 身体质量指数 (body mass index, BMI) 21.81~34.70 (27.79±3.00) kg·m⁻²; Kellgren-Lawrence (K-L) 分级, III 级 25 例, IV 级 55 例。无骨髓水肿组男 15 例, 女 65 例; 年龄 50~80 (67.82±8.05) 岁; 病程 6~37 (15.75±8.18) 个月; BMI 21.39~34.46 (28.26±3.13) kg·m⁻²; K-L III 级 38 例, IV 级 42 例。采用膝关节整体磁共振成像评分 (whole oragan magnetic resonance imaging score, WORMS) 评价骨髓水肿程度, 以 DXA 检查 T 值诊断骨质疏松、评价骨密度。比较两组患者骨质疏松的患病率, 采用 Spearman 相关性分析骨髓水肿组患者骨髓水肿 WORMS 评分与 DXA 骨密度 T 值的相关性。**结果:** 两组患者均于初诊时获得完整病例资料, 无脱落或剔除, 两组性别、年龄、病程、BMI 比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。骨髓水肿患者 K-L IV 级所占比例高于无骨髓水肿组患者 ($P<0.05$); 骨髓水肿组患者骨质疏松患病率均分别高于同 K-L 等级中无骨髓水肿组患者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$); 骨髓水肿组患者骨髓水肿 WORMS 评分与 DXA 骨密度 T 值为强负相关 ($r=-0.812, |r|=0.812 > 0.8, P<0.001$)。**结论:** 骨质疏松是重度膝关节炎骨髓水肿的危险因素之一, 骨密度越低越易导致骨髓水肿。

【关键词】 骨密度; 骨髓水肿; 骨质疏松; 膝关节炎; 相关性研究

中图分类号: R684.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.04.014

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Study on correlation between bone marrow edema and osteoporosis in patients with severe knee osteoarthritis

XIAO Long-wen^{1,2}, SANG Zhi-cheng² (1. Fengsheng Special Hospital of Orthopaedics and Traumatology, Beijing 100033, China; 2. The Second Department of Orthopaedics, Wangjing Hospital of China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China)

ABSTRACT Objective To explore relationship between bone marrow edema (BME) and osteoporosis in patients with severe knee osteoarthritis. **Methods** Unmatched case-control study was conducted. Totally 160 patients with severe knee osteoarthritis who had undergone knee magnetic resonance imaging (MRI) and bone mineral density examination (BMD) from January 2020 to March 2021 were included. Eighty patients complicated with BME were included in BME group, and 80 patients without BME were selected as NBME group. In BME group, there were 12 males and 68 females, aged from 51 to 80 years old with an average of (66.58±8.10) years old; the courses of disease ranged from 5 to 40 months with an average of (15.61±9.25) months; body mass index (BMI) ranged from 21.81 to 34.70 with an average of (27.79±3.00) kg·m⁻²; 25 patients classified to grade III and 55 patients grade IV according to Kellgren-Lawrence (K-L). In NBME group, there were 15 males and 65 females, aged from 50 to 80 years old with an average of (67.82±8.05) years old; the course of disease ranged from 6 to 37 months with an average of (15.75±8.18) months; BMI ranged from 21.39 to 34.46 with an average of (28.26±3.13) kg·m⁻²; 25 patients were K-L III and 55 patients with K-L IV. The degree of bone marrow edema was evaluated by knee whole oragan magnetic resonance imaging score (WORMS). Osteoporosis was diagnosed and BMD was evaluated by DXA T value. To explore the relationship between bone marrow edema and osteoporosis by comparing prevalence rate of osteoporosis between two groups, and to further explore relationship between BME and BMD by Spearman correlation analysis of BME WORMS score and DXA T value in BME group. **Results** The complete case data were obtained on the first diagnosis, and there was no significant difference in sex, age, courses of disease and BMI between two groups ($P>0.05$). The proportion of K-L IV in BME group was significant-

通讯作者: 桑志成 E-mail: sangzhch@126.com

Corresponding author: SANG Zhi-cheng E-mail: sangzhch@126.com

ly higher than that in NBME ($P<0.05$). The prevalence rate of osteoporosis in BME group was significantly higher than in NBME group with the same K-L grade ($P<0.001$), and there was a strong negative correlation between BME WORMS score and DXA BMD T value ($r=-0.812, |r|=0.812 > 0.8, P<0.001$). **Conclusion** Osteoporosis is one of the risk factors of bone marrow edema in patients with severe knee osteoarthritis, and the lower the bone mineral density is, the easier it is to be complicated with bone marrow edema.

KEYWORDS Bone mineral density; Bone marrow edema; Osteoporosis; Knee osteoarthritis; Correlation studying

目前,普通保守治疗对于重度膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)的疗效并不乐观^[1],但随着相关研究的不断推进,骨髓水肿因其与重度 KOA 症状、病程和预后的密切联系引起了国内外学者的关注^[2]。已有研究表明^[3],针对骨髓水肿的治疗可有效缓解重度 KOA 患者症状,提高患者生活质量。但目前骨髓水肿的病因病机尚不确切,尚无针对骨髓水肿的公认治疗手段,探讨安全、有效、简便、价廉,以骨髓水肿为靶点治疗重度 KOA 的治疗手段是目前亟待解决的问题。临床中笔者发现大部分 KOA 骨髓水肿多伴有骨质疏松,骨质疏松是否为导致 KOA 骨髓水肿的危险因素有待研究。自 2020 年 1 月至 2021 年 3 月收治 160 例重度 KOA 患者,探讨重度 KOA 患者骨髓水肿与骨质疏松的关系,为重度 KOA 患者骨髓水肿病因病机和治疗提供新思路。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:符合中华医学会骨科分会 2018 年修订的膝骨关节炎诊断标准^[4];年龄 50~80 岁;KELLGREN 等^[5]制定的放射诊断学分级(Kellgren-Lawrence, K-L) III-IV 级(重度 KOA)^[5];已行 MRI、骨密度(bone mineral density, BMD)检查。排除标准:急性膝关节外伤和(或)伴半月板撕裂、新鲜韧带损伤、关节内骨折者;患类风湿性关节炎、关节结核、化脓性关节炎、过敏性关节炎、皮肤病性关节炎、痛风、关节内肿瘤、骨坏死及其他特异性关节病者;合并严重心脑血管系统疾病或血液系统疾病患者。

1.2 一般资料

本研究共 160 例重度 KOA 患者,其中合并骨髓水肿的骨髓水肿组患者 80 例,男 12 例,女 68 例,年龄 51~80(66.58±8.10)岁,病程 5~40(15.61±9.25)个

月, 身体质量指数 (body mass index, BMI)21.81~34.70(27.79±3.00) kg·m⁻²;不合并骨髓水肿的无骨髓水肿组患者 80 例,男 15 例,女 65 例,年龄 50~80(67.82±8.05)岁,病程 6~37(15.75±8.18)个月, BMI 21.39~34.46(28.26±3.13) kg·m⁻²。两组患者一般资料中年龄、病程、BMI、性别比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。骨髓水肿组中 K-L III 级 25 例, IV 级 55 例,无骨髓水肿组中 III 级 38 例, IV 级 42 例,两组患者 K-L 等级分布比较,差异有统计学意义($\chi^2=4.425, P<0.05$)。见表 1。本研究已经中国中医科学院望京医院伦理委员会批准通过(批件号:WJEC-YJS-2020-002-P002)。

1.3 检查方法

1.3.1 MRI 检查方法 所有患者行 MRI 检查,采用 PHILIPS 1.5 T 磁共振设备,正交线圈,仰卧膝关节自然伸直位、足先进。成像方位为矢状位的自旋回波 T1 加权像(SET1WI TR360 ms, TE10 ms)、快速自旋回波 T2 加权像(FSET2WI TR4100 ms TE102 ms)、脂肪抑制序列(FSEIR TR3900 ms TE44.3 ms TI85 ms)、横断位的梯度回波和冠状位(GRET2×WI TR500 ms TE15.6 ms)。层厚 4.0 mm,层间距 1.0 mm,视野 FOV160×160。

1.3.2 骨密度检查方法 所有患者行 BMD 检查,使用同一 GE Lunar 骨密度扫描仪,应用双能 X 线吸收测定法(dualenergy X-ray absorptiometry, DXA)针对中轴骨(腰椎、双髋关节)行骨密度检查。

1.4 观察项目与方法

1.4.1 骨髓水肿评分 MRI 影像采用整体磁共振成像评分系统(whole organ magnetic resonance imaging score, WORMS)^[6]评价骨髓水肿情况。WORMS 方法将膝关节 MRI 压脂像分为 15 个评分

表 1 两组重度膝骨关节炎患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data of severe knee osteoarthritis patients between two groups

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$)/岁	性别/例		病程($\bar{x}\pm s$)/月	BMI($\bar{x}\pm s$)/(kg·m ⁻²)	K-L 分级/例	
			男	女			III 级	IV 级
骨髓水肿组	80	66.58±8.10	12	68	15.61±9.25	27.79±3.00	25	55
无骨髓水肿组	80	67.82±8.05	15	65	15.75±8.18	28.26±3.13	38	42
检验值		$t=0.696$	$\chi^2=0.401$		$t=0.099$	$t=0.969$	$\chi^2=4.425$	
P 值		0.895	0.228		0.424	0.618	0.035	

亚区,未发现骨髓水肿计 0 分,累及亚区 25%内计 1 分;累及亚区 25%~50%计 2 分,累及亚区 50%以上计 3 分。最后各亚区分数相加得出结果并以 WORMS 评分的数值评价骨髓水肿严重情况,双膝关节均患病者,以症状较严重一侧关节为研究关节。见图 1。

1.4.2 骨密度及骨质疏松评价 因本研究纳入的所有患者为 50 岁及以上且女性均已绝,经故以中轴骨最低 T 值表示骨密度,当 T 值 ≤ -2.5 时诊断为骨质疏松^[7]。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,两组年龄、病程、BMI 等符合正态分布的定量资料数据采用均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用成组设计定量资料 *t* 检验;性别、K-L 等级等定性资料比较采用 χ^2 检验。骨髓水肿组中骨髓水肿 WORMS 评分与 DXA 骨密度 T 值之间的关系采用 Spearman 相关性分析,当相关系数 $|r| \geq 0.8$ 时,视为强相关,当 $0.5 \leq |r| < 0.8$ 时,视为中度相关,当 $0.3 \leq |r| < 0.5$ 时,视为相关性较低,当 $|r| < 0.3$ 时,说明变量之间的相关性极弱^[8]。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

两组患者均于初诊时获得完整病例资料,无脱落或剔除。

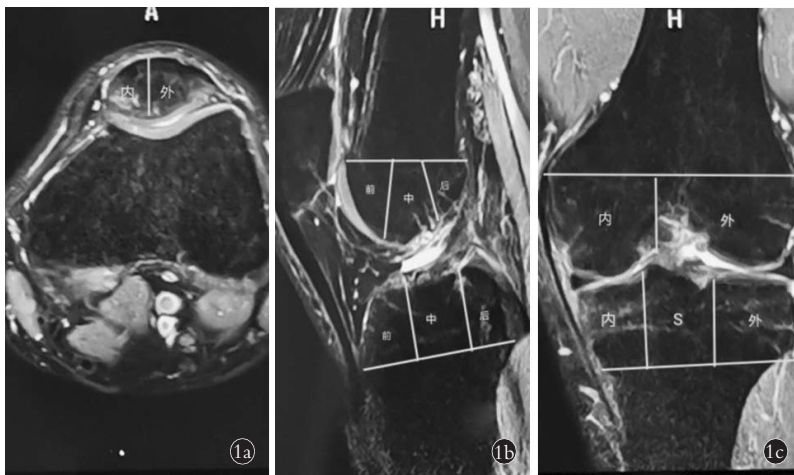


图 1 膝关节 WORMS 评分区域划分示意图 **1a.** 横断面 MRI 影像,将髌骨分为内侧面和外侧面 2 个亚区 **1b.** 矢状位 MRI 影像 **1c.** 冠状位 MRI 影像,分别将股骨内侧髁、股骨外侧髁、胫骨内侧髁及胫骨外侧髁 4 部分各分为前、中、后 3 个区域,共 12 个亚区,胫骨平台中无软骨覆盖的胫骨髁间嵴为-S 区(1 个亚区),总计 15 个亚区

Fig.1 Schematic diagram of WORMS score division of knee joint **1a.** Cross-sectional MRI images, patella was divided into medial and lateral subregions **1b.** Sagittal MRI image **1c.** Coronal MRI image, medial femoral condyle, lateral femoral condyle, medial and lateral condyle of tibia are divided into anterior, middle and posterior regions, totally 12 subregions, tibial intercondylar ridge without cartilage cover in tibial plateau is -S region (1 subregion), totally 15 subregions

2.1 KOA 骨髓水肿与骨质疏松的相关性

因两组患者一般资料中 K-L 分级比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),本研究目的为验证骨质疏松与 KOA 骨髓水肿的相关性,为避免偏倚将两组患者依据 K-L 等级进一步分为 III、IV 级亚组,于相同亚组间进行比较。

K-L III、IV 级患者中,骨髓水肿组患者骨质疏松患病率分别高于无骨髓水肿组患者($P < 0.05$),表明骨质疏松是引起重度 KOA 骨髓水肿的危险因素之一。见表 2、表 3。

2.2 KOA 骨髓水肿与骨密度的相关性

将骨髓水肿组 80 例患者中骨髓水肿 WORMS 评分与 DXA 骨密度 T 值行 Spearman 相关性检验,相关系数 $r = -0.812$ ($|r| = 0.812 > 0.8$),表示重度 KOA 患者骨髓水肿与骨密度具有强负相关性($P < 0.001$)。见图 2。

3 讨论

3.1 KOA 骨髓水肿发病机制

骨髓水肿病理表现为骨基质水肿、炎症细胞浸润及纤维组织增生,可表现于多种疾病中,其病因包括力学相关(创伤、应力过载),血管相关(缺血坏死、再灌注损伤)及其他疾病继发(骨肿瘤、类风湿性关节炎)等^[9-10]。近年来随着 MRI 技术的广泛应用,骨髓水肿被发现存在于大部分重度 KOA 患者之中,其发病机制虽无定论^[11],但膝关节独特的生理结构、功能及 KOA 的病理改变基础决定了其关节内损伤易由应力导致。本研究骨髓水肿组患者 K-L IV 级所占比例明显高于无骨髓水肿组患者($\chi^2 = 4.425, P < 0.05$),K-L 等级越高代表膝关节病变越严重、应力失衡越明显、局部负荷越大,相应软骨下骨小梁应力过载使骨小梁断裂所致出血、渗出,从而更容易形成应力性骨髓水肿。而其引起的骨内压增高及继发的炎症反应则是引起 KOA 疼痛的主要因素之一,消除骨髓水肿、降低骨内压力、缓解炎症反应则是治疗 KOA 骨髓水肿的目标。

3.2 骨质疏松与 KOA 骨髓水肿的相关性

KOA 应力性骨髓水肿主要病因的研究需从关节异常应力过高及软骨下骨应力阈值降低两方面入手,重度 KOA 所引起病理改变,如骨赘生成、间隙变窄、力线偏移是导致应力

表 2 K-L III 级 KOA 患者骨髓水肿与骨质疏松的相关性

Tab.2 Correlation between bone marrow edema and osteoporosis in knee osteoarthritis patients with K-L III 单位:例

组别	骨质疏松情况		合计
	有骨质疏松	无骨质疏松	
骨髓水肿组	19	6	25
无骨髓水肿组	14	24	38
合计	33	30	63
χ^2 值	9.270		
P 值	0.002		

表 3 K-L IV 级 KOA 患者骨髓水肿与骨质疏松的相关性

Tab.3 Correlation between bone marrow edema and osteoporosis in knee osteoarthritis patients with K-L IV 单位:例

组别	骨质疏松情况		合计
	有骨质疏松	无骨质疏松	
骨髓水肿组	43	12	55
无骨髓水肿组	19	23	42
合计	62	35	97
χ^2 值	11.206		
P 值	0.001		

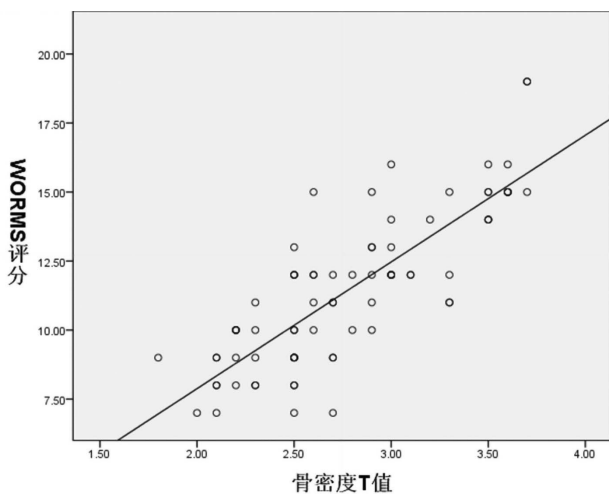


图 2 骨髓水肿 WORMS 评分与 DXA 骨密度 T 值的相关性 Fig.2 Correlation between WORMS score of BME and T value of DXA bone mineral density

增加的主要因素,但目前除手术逆转 KOA 病理改变、重建力线外尚无根本疗法^[12-13]。这要求临床工作者在针对 KOA 骨髓水肿有效治疗方案的研究中应将探索重心置于引起骨应力阈值降低的相关因素方面,本研究发骨髓水肿组患者骨质疏松的患病率高于无骨髓水肿组,骨质疏松是最具代表性的骨代

谢相关疾病,主要体现为骨量减低、骨组织微结构破坏、脆性增高^[14]。在骨科疾病的发展过程中,骨与关节的微损伤是促进骨重建的重要空间性影响因子,其引起的功能性适应变化是避免关节进一步病变的有利因素之一^[15]。但骨质疏松患者其骨重建能力下降,不能及时有效地修复日常微损伤,膝关节损伤逐渐积累导致关节功能性适应变化转为病理性改变,在原有关节炎病变加重的基础上,因骨代谢紊乱而导致的软骨下骨承载能力逐渐降低,则令原有损伤加剧、产生新的病理变化(骨髓水肿)的危险明显增加。

此外,针对骨髓水肿组患者展开的后续研究中笔者发现骨密度 T 值与骨髓水肿 WORMS 评分呈强负相关($r=-0.812, |r|=0.812>0.8, P<0.001$),一方面,合并骨质疏松的 KOA 患者骨密度下降,关节软骨下骨小梁结构逐渐稀疏、穿孔、连接性下降,若伴有软骨缺损,关节液或可由破损的软骨处沿骨小梁间隙进入软骨下骨,充积于松质骨间隙中形成骨髓水肿;另一方面, KOA 患者软骨下骨代谢活跃^[16-17],而骨质疏松患者骨形成速度低于骨吸收速度,破骨细胞相对活跃、成骨不足致使全身骨密度呈不断降低态势,膝关节软骨下骨小梁应力阈值下降,同时因重度 KOA 局部应力增加明显,骨密度越低软骨下骨小梁断裂造成出血、渗出形成骨髓水肿的风险越大。目前虽有学者认为 KOA 病灶部位微观表现为杆状骨小梁向板状骨小梁转化,增加形成骨板的骨小梁厚度以抵消异常的关节应力,但实质上局部骨小梁密度及矿物质密度均较之前有所降低,并因其改变了原有的骨小梁架构,在组织结构水平上受影响的骨小梁的硬度明显低于正常骨组织水平^[18]。并且,即便局部骨质增生强化了应力承载能力,但软骨损伤、关节面硬化同样降低了该部位对力的缓冲作用,并因应力仍沿力线向下传导,反而加重了深层松质骨的应力负担,甚至可造成胫骨平台塌陷。不难理解,骨质疏松是导致重度 KOA 骨髓水肿的危险因素,而软骨下骨小梁连续性的中断及其带来的继发改变是加重 KOA 病情的因素之一,且关节炎加重带来的应力分布异常又可反作用于软骨下骨,三者相互联系、相互影响,在临床中对于骨质疏松、骨髓水肿的诊治和预防是在 KOA 诊疗过程中的重要环节。

3.3 本研究不足

如文中所述, KOA 骨髓水肿由应力过载与骨小梁承载能力下降两方面共同导致,本文研究重点聚焦于骨质疏松所致骨小梁承载能力下降,在今后的研究中可扩大相关观察指标,如 KOA 评分、局部血管情况、血清钙、骨代谢指标、细胞因子等进行多因

素、多样本、多中心的研究,从而更全面地认识 KOA 骨髓水肿病因、病机,进而更客观地指导临床治疗。

总之,骨质疏松是导致重度 KOA 骨髓水肿的危险因素之一,骨密度越低越容易导致骨髓水肿,临床中在对合并骨髓水肿的重度 KOA 进行防治过程中应充分考虑骨质疏松情况,并在辨证论治的基础上制定科学的诊疗方案。

参考文献

- [1] SHARMA L. Osteoarthritis of the Knee[J]. N Engl J Med, 2021, 384(1):51-58.
- [2] 邓凯文,刘金龙,陈恒安,等.膝骨关节炎患者关节冷痛感与软骨下骨髓水肿的关联性分析[J].中国骨伤,2021,34(2):165-169
DENG K W, LIU J L, CHEN H A, et al. Correlation between cold pain of knee joint and subchondral bone marrow edema in patients with knee osteoarthritis[J]. China J Orthop Traumatol, 2021, 34(2): 165-169. Chinese.
- [3] CENTENO C, CARTIER C, STEMPER I, et al. The treatment of bone marrow lesions associated with advanced knee osteoarthritis: comparing intraosseous and intraarticular injections with bone marrow concentrate and platelet products[J]. Pain Physician, 2021, 24(3):279-288.
- [4] 中华医学会骨科学分会关节外科学组.骨关节炎诊疗指南(2018年版)[J].中华骨科杂志,2018,38(12):705-715.
OSTEOPOROSIS GROUP OF CHINESE ORTHOPAEDIC ASSOCIATION. Chinese guideline for diagnosis and management of osteoarthritis (2018 edition)[J]. Chin J Orthop, 2018, 38(12):705-715. Chinese.
- [5] KELLGREN J H, LAWRENCE J S. Radiological assessment of osteoarthritis[J]. Ann Rheum Dis, 1957, 16(4):494-502.
- [6] PETERFY C G, GUERMAZI A, ZAMI S, et al. Whole Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2004, 12(3):177-190.
- [7] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会.原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J].中国骨质疏松杂志,2019,25(3):281-309.
CHINESE SOCIETY OF OSTEOPOROSIS AND BONE MINERAL RESEARCH. Guidelines for the Diagnosis and Management of Primary Osteoporosis (2017)[J]. Chin J Osteoporos, 2019, 25(3): 281-309. Chinese.
- [8] 王昌盛,杨海涛,邓茗中,等.膝关节骨关节炎软骨下水肿与MRI及临床表现的相关性研究[J].实用放射学杂志,2017,33(8):1236-1240.
WANG C H, YANG H T, DENG M Z, et al. Correlation between mar-
- row edema and related MRI and clinical manifestations in patients with knee osteoarthritis[J]. J Practice Radio, 2017, 33(8):1236-1240. Chinese.
- [9] BERGER N, ANDREISEK G, KARER A, et al. Association between traumatic bone marrow abnormalities of the knee, the trauma mechanism and associated soft-tissue knee injuries[J]. Eur Radiol, 2017, 27(1):393-403.
- [10] BUDZIK J K, DING J, NORBERCIAK L, et al. Perfusion of subchondral bone marrow in knee osteoarthritis: A dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging preliminary study[J]. Eur J Radiol, 2017, 88(5):129-134.
- [11] 张厚建,叶赛亚,汪小健,等.膝骨性关节炎软骨下骨髓水肿样变的研究进展[J].中国骨伤,2021,34(12):1186-1190.
ZHANG H J, YE S Y, WANG X J, et al. Research progress of bone marrow edema-like lesions in knee osteoarthritis[J]. China J Orthop Traumatol, 2021, 34(12):1186-1190. Chinese.
- [12] JACOBS C A, CHROSTENSEN C P, KARTHIKEYAN T. Subchondral bone marrow edema had greater effect on postoperative pain after medial unicompartmental knee arthroplasty than total knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2016, 31(2):491-494.
- [13] WILMOT A S, RUUTIANEN A T, BAKHRU P T, et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: A recognizable associated soft tissue edema pattern and a similar distribution among men and women[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(11):2096-2103.
- [14] MEARS S C, MCCARTHY E F, JONES L C, et al. Characterization and pathological characteristics of spontaneous osteonecrosis of the knee[J]. Iowa Orthop J, 2009, 29(1):38-42.
- [15] 许明明,于志锋.骨骼肌通过力学刺激对骨重建的影响[J].医用生物力学,2020,35(3):385-390.
XU M M, YU Z F. Effects of skeletal muscle on bone remodeling through mechanical stimulation[J]. J Med Biomech, 2020, 35(3): 385-390. Chinese.
- [16] OCHI J, NOZAKI T, NIMURA A, et al. Subchondral insufficiency fracture of the knee: review of current concepts and radiological differential diagnoses[J]. Jpn J Radiol, 2022, 40(5):443-457.
- [17] RIZOU S, CHRONHROPOULOS E, BALLAS M, et al. Clinical manifestations of osteoarthritis in osteoporotic and osteopenic postmenopausal women[J]. J Musculoskelet Neuronal Interact, 2018, 18(1):208-214.
- [18] 韩学全,谢凯,江旭,等.下肢力线与膝关节软骨下骨板杆结构和软骨退变的关系[J].医用生物力学,2020,35(3):364-371.
HAN X Q, XIE K, JIANG X, et al. Relationship of subchondral plate-rod structure and cartilage degeneration with lower limb alignment[J]. J Med Biomech, 2020, 35(3):364-371. Chinese.

(收稿日期:2022-07-02 本文编辑:李宜)