

## · 临床研究 ·

## 骨软骨镶嵌移植术与微骨折术治疗膝关节软骨损伤的疗效比较

黄承, 陆志凯, 黄晨, 王飞, 苗帅, 曾磊, 戴赛君, 李梁, 李纯志  
(解放军第 113 医院关节骨病运动医学科, 浙江 宁波 315040)

**【摘要】** 目的: 对比评估微骨折术与自体骨软骨镶嵌移植术治疗膝关节软骨损伤的临床疗效差异。方法: 回顾性分析 2011 年 2 月至 2016 年 2 月采用微骨折术或自体骨软骨镶嵌移植术治疗且随访时间  $\geq 2$  年的 71 例膝关节股骨远端关节面软骨损伤患者资料, 按手术方式不同分为两组: 微骨折组 33 例, 男 20 例, 女 13 例, 年龄  $(28.1 \pm 4.2)$  岁; 移植组 38 例, 男 26 例, 女 12 例, 年龄  $(27.8 \pm 3.5)$  岁。采用 Lysholm 评分, 美国特种外科医院膝关节评分 (Hospital for Special Surgery Knee Score, HSS), Ahlbäck 骨关节炎分级系统进行评估, 并记录术后并发症。结果: 微骨折组与移植组的 Lysholm 评分, 分别由术前  $62.9 \pm 6.8$ 、 $60.3 \pm 7.5$  提高到术后的  $77.0 \pm 5.4$ 、 $85.8 \pm 5.6$  ( $P < 0.05$ ); HSS 评分分别由术前  $81.5 \pm 7.6$ 、 $79.6 \pm 8.6$  改善为  $88.0 \pm 4.7$ 、 $91.9 \pm 4.7$  ( $P < 0.05$ )。移植组术后 Lysholm 评分与 HSS 评分, 均高于微骨折组 ( $P < 0.05$ )。移植组发生切口浅表感染 1 例。随访未发现患者出现膝关节骨关节炎。结论: 自体骨软骨镶嵌移植术与微骨折术治疗膝关节软骨损伤均安全、有效, 但自体骨软骨镶嵌移植术比微骨折术临床疗效更佳。

**【关键词】** 软骨, 关节; 膝关节; 关节成形术, 软骨下; 骨移植

中图分类号: R684

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.06.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Comparison of curative effect between osteochondral mosaic transplantation and micro-fracture in the treatment of knee joint articular cartilage injury** HUANG Cheng, LU Zhi-kai, HUANG Chen, WANG Fei, MIAO Shuai, ZENG Lei, DAI Sai-jun, LI Liang, and LI Chun-zhi. Department of Joint Surgery and Sports Medicine, the 113th Hospital of People Liberation Army, Ningbo 315040, Zhejiang, China

**ABSTRACT** **Objective:** To compare the clinical outcomes of microfracture and autogenous osteochondral mosaic transplantation in the treatment of knee joint cartilage injury. **Methods:** A retrospective analysis of 71 patients with articular cartilage defects on the femoral condyles who were by autogenous osteochondral mosaic transplantation or microfracture from February 2011 to February 2016, and these patients were followed up for at least 2 years. According to the surgical procedures, the patients were divided into two groups. In the microfracture group, there were 33 patients, 20 males and 13 females, with a mean age of  $(28.1 \pm 4.2)$  years old; in the mosaicplasty group, there were 38 patients, 26 males and 12 females, with a mean age of  $(27.8 \pm 3.5)$  years old. The Lysholm knee score, Hospital for Special Surgery (HSS) knee score and the Ahlbäck classification grade were recorded to evaluate the clinical efficacy. Complications were also recorded. **Results:** The mean Lysholm scores of the microfracture group and the mosaicplasty group improved from  $62.9 \pm 6.8$  and  $60.3 \pm 7.5$  preoperatively to  $77.0 \pm 5.4$  and  $85.8 \pm 5.6$  post-operatively, respectively ( $P < 0.05$ ). Mean HSS scores of the microfracture group and the mosaicplasty group improved from  $81.5 \pm 7.6$  and  $79.6 \pm 8.6$  preoperatively to  $88.0 \pm 4.7$  and  $91.9 \pm 4.7$  post-operatively, respectively ( $P < 0.05$ ). The mean Lysholm score and HSS score were significantly higher in the mosaicplasty group than those in the microfracture group at the latest follow-up. One patient in the mosaicplasty group suffered superficial wound infection. During the follow-up, no knee osteoarthritis was observed in two groups. **Conclusion:** Autogenous osteochondral mosaicplasty and microfracture are proved to be safe and effective procedures for knee articular cartilage defects. However, the mosaicplasty has better clinical outcome than the microfracture.

**KEYWORDS** Cartilage, articular; Knee joint; Arthroplasty, subchondral; Bone transplantation

基金项目: 全军医药卫生科研基金课题(编号: 15MS021); 宁波市体育科学研究课题(编号: 795SS1711)

Fund program: Medical and Health Research Fund of PLA (No. 15MS021)

通讯作者: 陆志凯 E-mail: jf113lzk@163.com

Corresponding author: LU Zhi-kai E-mail: jf113lzk@163.com

局灶性膝关节软骨损伤在临床中较为常见。研究显示, 约 40%~50% 的半月板损伤病例, 同时伴发膝关节软骨的损伤; 约 40%~70% 的急性与慢性前交叉韧带损伤病例, 也同时存在软骨损伤; 因膝关节运动创伤而行膝关节镜诊疗的病例中, 术中发现约

67%的病例存在软骨损伤<sup>[1-2]</sup>。局灶性膝关节软骨损伤常常影响膝关节功能与患者生活质量,其中 5%~10%的患者需要进行关节软骨修复手术<sup>[1]</sup>;如果关节软骨损伤逐渐进展、加重,可能导致膝关节骨关节炎的出现,甚至需要进行人工膝关节置换等治疗<sup>[3-5]</sup>。膝关节软骨损伤如经保守治疗效果不佳,需手术干预。微骨折术与自体骨软骨镶嵌移植术,是治疗膝关节软骨损伤的常用手术方式,临床效果确切<sup>[4,6]</sup>。但对于此两种术式的临床疗效对比,却鲜有报道。本研究的目的,就是对比评估微骨折术与自体骨软骨镶嵌移植术治疗膝关节软骨损伤的临床疗效差异。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

**1.1.1 纳入标准** (1)年龄 20~35 岁。(2)股骨远端关节面存在软骨损伤,改良的 Outerbridge 分型为Ⅲ级或Ⅳ级。(3)软骨损伤面积为 1~5 cm<sup>2</sup>。(4)接受微骨折术或者自体骨软骨镶嵌移植术治疗且随访时间≥2 年。

**1.1.2 排除标准** (1)胫骨平台或者髌骨存在改良 Outerbridge 分型Ⅲ级或Ⅳ级的软骨损伤。(2)膝关节负重位前后位 X 线片显示 Ahlbäck 骨关节炎分级≥1 级,存在膝关节骨关节炎。(3)存在 5°以上的膝内翻或者膝外翻。(4)患肢既往实施过其他手术。(5)患膝韧带撕裂,存在不稳定。

### 1.2 临床资料与分组方法

回顾性分析我院 2011 年 2 月至 2016 年 2 月采用微骨折术或者自体骨软骨镶嵌移植术治疗且随访时间≥2 年的膝关节软骨损伤患者资料,根据手术方式的不同分为微骨折组和移植组。依据纳入标准与排除标准,本研究共纳入 71 例患者,其中微骨折组 33 例,移植组 38 例。两组患者的性别、年龄、患膝侧别、发病至手术时间等术前一般资料比较,差异均无统计学意义,具有可比性(表 1)。两组手术由同一组医生完成。

### 1.3 治疗方法

常规应用止血带。首先进行膝关节镜检查评估。如伴有半月板损伤,实施半月板成形术或缝合术。确

定关节软骨损伤改良 Outerbridge 分型是否与术前磁共振检查所示一致。清理不稳定的软骨块直至软骨下骨,并将软骨缘磨削成形。镜下测量软骨损伤区域,并计算损伤面积。然后根据患者术前的选择,分别实施微骨折术或自体骨软骨镶嵌移植术。

微骨折术采用专用尖锥。在关节镜监视下,每隔约 3 mm 在软骨下骨板上戳孔。实施微骨折过程中,停止关节腔灌注,以方便观察骨髓与血液从所钻孔隙中流出。如果观察到骨髓或血液从孔隙中流出,则说明所钻的孔隙深度充分。

自体骨软骨镶嵌移植术采用 Smith & Nephew 公司骨软骨移植器械,选择髌旁切开入路。根据关节软骨损伤的位置与面积,选取 4.5、5.5、6.5 mm 直径的取材管,于关节软骨损伤缺损区垂直制备骨槽,深度达软骨下骨 13 mm,顺时针旋转约 90°后再逆时针旋转约 90°,取出取材管及骨芯。然后使用同一直径的取材管,以相同的方法,从股骨髁边缘非负重区采集圆柱形自体骨软骨块,深度约 15 mm。随后,使用挤芯器、打压器,将供区自体骨软骨块移植至软骨损伤区域的骨槽内,而软骨损伤区取出的骨芯回植至供区骨槽。依据软骨损伤面积的大小,进行多次钻孔取骨软骨柱移植。受区骨软骨柱应与周围软骨表面平齐;受区骨孔之间应有 1~2 mm 间距,以利于移植后自体骨软骨块的紧密固定。

两组患者术后均采用相同的康复方案。术后 6 周内,进行被动膝关节活动度训练、直腿抬高等功能锻炼,可扶拐行走,允许脚尖触地。6 周后,逐步增加负重,并进行膝关节主动活动。术后 8 周弃拐并完全负重。术后 12 周开始,可参加体育运动。

### 1.4 观察项目与方法

观察记录两组患者的术后并发症发生情况。手术至少 2 年后,拍摄膝关节负重前后位 X 线片,并采用 Ahlböck 骨关节炎分级系统评估术后是否出现膝关节骨关节炎。

### 1.5 疗效评价方法

采用 Lysholm 等<sup>[7]</sup>评分量表、美国特种外科医院膝关节评分(Hospital for Special Surgery Knee Score,

表 1 两组膝关节软骨损伤患者术前临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between two groups of patients with articular cartilage defects before treatment

组别	例数	性别(例)		年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	患膝侧别(例)		发病至手术时间( $\bar{x}\pm s$ ,月)
		男	女		右侧	左侧	
微骨折组	33	20	13	28.1±4.2	18	15	31.6±14.7
移植组	38	26	12	27.8±3.5	22	16	30.2±12.8
检验值		$\chi^2=0.473$		$t=0.392$	$\chi^2=0.081$		$t=0.437$
P 值		0.492		0.696	0.777		0.664

HSS)量表<sup>[8]</sup>评估两组患者的临床疗效。Lysholm 评分由肿胀(10分)、疼痛(25分)、不稳定(25分)、支撑(5分)、跛行(5分)、交锁(15分)、下蹲(5分)、爬楼梯(10分)8项组成,总分100分,分值高代表膝关节功能好。HSS评分由功能(22分)、疼痛(30分)、活动度(18分)、稳定性(10分)、屈曲畸形(10分)、肌力(10分)6项组成,总分100分,分值高代表膝关节功能好。

1.6 统计学处理

应用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析,定量资料以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示。两组间年龄、发病至手术时间、软骨损伤面积、Lysholm 评分与 HSS 评分比较,采用成组设计定量资料的 *t* 检验。同一组内,手术前后 Lysholm 评分与 HSS 评分的比较,采用配对设计定量资料的 *t* 检验。两组间性别、患膝侧别的比较,采用成组设计  $\chi^2$  检验。两组间随访时间比较,采用 Wilcoxon 秩和检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况观察结果

微骨折组平均软骨损伤面积(3.4±0.9) cm<sup>2</sup>,移植组平均损伤面积(3.3±1.0) cm<sup>2</sup>,差异无统计学意义( $t=0.471, P=0.639$ )。微骨折组随访时间 24~31(26.2±2.3)个月,移植组随访时间 24~29(25.6±

1.6)个月,差异无统计学意义( $Z=-0.775, P=0.438$ )。移植组术后 10 d,出现切口浅表感染 1 例,经治疗后痊愈。手术 2 年后,两组共 54 例复查了膝关节负重前后位 X 线片,Ahlbäck 骨关节炎分级均为 0 级,未出现膝关节骨关节炎。

2.2 疗效评价结果

两组患者 Lysholm 评分与 HSS 评分结果分别见表 2~3:同一组内术后 Lysholm 评分与 HSS 评分均较术前提高;移植组术后 Lysholm 评分与 HSS 评分高于微骨折组。以上差异均有统计学意义。

3 讨论

3.1 两种术式治疗膝关节软骨损伤的疗效

本研究显示,自体骨软骨镶嵌移植术或微骨折术治疗膝关节股骨远端关节面软骨损伤后,经过 2 年以上的随访,均取得了满意的疗效,但移植术比微骨折术的临床疗效更佳。Chalmers 等<sup>[9]</sup>报道 15 年以上长期随访研究也显示,镶嵌移植术具有比微骨折术更优的临床疗效,末次随访时移植术后的平均 Lysholm 评分比微骨折术后高 10 分以上。移植术后,患者可更快地恢复运动,并拥有更高的运动能力;移植术后约 93% 的患者恢复损伤前的运动水平,而微骨折术后仅 52% 的患者可恢复损伤前的运动水平<sup>[9-10]</sup>。按年龄来说,移植术可为<30 岁的成年患者

表 2 两组膝关节软骨损伤患者手术前后 Lysholm 评分比较( $\bar{x}\pm s$ ,分)

Tab.2 Comparison of Lysholm scores between two groups of patients with articular cartilage defects before and after treatment( $\bar{x}\pm s$ , score)

组别	例数	跛行		支撑		交锁		不稳定		疼痛	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后
微骨折组	33	2.7±1.3	4.3±1.0	4.9±0.5	5.0±0.0	10.2±3.2	14.9±0.9	20.8±3.3	21.5±2.9	4.2±2.8	12.0±4.1
移植组	38	2.7±1.4	4.6±0.8	4.6±1.0	5.0±0.0	9.8±3.3	15.0±0.0	21.7±3.3	23.8±2.2	4.0±3.3	17.2±6.0
<i>t</i> 值		0.213	-1.688	1.600		0.591	-1.000	-1.199	-3.723	0.400	-4.348
<i>P</i> 值		0.832	0.096	0.115		0.557	0.325	0.235	0.000	0.691	0.000

  

组别	例数	肿胀		爬楼梯		下蹲		总分	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后
微骨折组	33	7.1±2.9	7.2±1.9	8.9±2.1	9.4±1.5	4.0±1.3	2.8±1.4	62.9±6.8	77.0±5.4
移植组	38	6.1±3.2	7.2±2.6	8.1±2.4	9.0±1.8	3.3±1.4	4.0±1.2	60.3±7.5	85.8±5.6
<i>t</i> 值		1.368	0.101	1.512	1.160	2.026	-3.918	1.526	-6.735
<i>P</i> 值		0.176	0.919	0.135	0.250	0.047	0.000	0.132	0.000

注:微骨折组术后与术前比较,跛行: $t=-5.831, P=0.000$ ;支撑: $t=-1.000, P=0.325$ ;交锁: $t=-8.025, P=0.000$ ;不稳定: $t=-0.926, P=0.361$ ;疼痛: $t=-10.213, P=0.000$ ;肿胀: $t=-0.183, P=0.856$ ;爬楼梯: $t=-1.277, P=0.211$ ;下蹲: $t=3.614, P=0.001$ ;总分: $t=-8.948, P=0.000$ 。移植组术后与术前比较,跛行: $t=-7.293, P=0.000$ ;支撑: $t=-2.368, P=0.023$ ;交锁: $t=-9.889, P=0.000$ ;不稳定: $t=-3.273, P=0.002$ ;疼痛: $t=-14.607, P=0.000$ ;肿胀: $t=-1.534, P=0.133$ ;爬楼梯: $t=-1.671, P=0.103$ ;下蹲: $t=-2.266, P=0.029$ ;总分: $t=-23.973, P=0.000$

Note: In the microfracture group, postoperative compared to preoperative, limp:  $t=-5.831, P=0.000$ ; supporting:  $t=-1.000, P=0.325$ ; locking sense:  $t=-8.025, P=0.000$ ; instability:  $t=-0.926, P=0.361$ ; pain:  $t=-10.213, P=0.000$ ; swelling:  $t=-0.183, P=0.856$ ; climb stairs:  $t=-1.277, P=0.211$ ; squatting:  $t=3.614, P=0.001$ ; total score:  $t=-8.948, P=0.000$ . In the mosaicplasty group, postoperative compared to preoperative, limp:  $t=-7.293, P=0.000$ ; supporting:  $t=-2.368, P=0.023$ ; locking sense:  $t=-9.889, P=0.000$ ; instability:  $t=-3.273, P=0.002$ ; pain:  $t=-14.607, P=0.000$ ; swelling:  $t=-1.534, P=0.133$ ; climb stairs:  $t=-1.671, P=0.103$ ; squatting:  $t=-2.266, P=0.029$ ; total score:  $t=-23.973, P=0.000$

表 3 两组膝关节软骨损伤患者手术前后 HSS 评分比较 ( $\bar{x}\pm s$ , 分)

Tab.3 Comparison of HSS scores between two groups of patients with articular cartilage defects before and after treatment ( $\bar{x}\pm s$ , score)

组别	例数	疼痛		功能		活动度		肌力		屈曲畸形		稳定性		总分	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后
微骨折组	33	18.3±	23.0±	17.4±	18.4±	16.4±	16.7±	9.8±	10.0±	9.7±	10.0±	9.8±	9.8±	81.5±	88.0±
		5.0	4.1	2.6	1.8	1.5	1.1	0.6	0.0	1.0	0.0	0.7	0.6	7.6	4.7
移植组	38	16.8±	26.1±	17.3±	18.7±	16.6±	17.2±	9.7±	10.0±	9.5±	10.0±	9.6±	10.0±	79.6±	91.9±
		5.1	4.2	2.5	1.2	1.4	1.0	0.7	0.0	1.3	0.0	0.8	0.3	8.6	4.7
t 值		1.243	-3.040	0.216	-0.794	-0.536	-2.023	0.838	-	0.748	-	0.724	-1.129	0.978	-3.551
P 值		0.218	0.003	0.830	0.431	0.594	0.047	0.405	-	0.457	-	0.471	0.265	0.332	0.001

注:微骨折组术后与术前比较,疼痛: $t=-5.096, P=0.000$ ;功能: $t=-2.211, P=0.034$ ;活动度: $t=-0.821, P=0.418$ ;肌力: $t=-1.789, P=0.083$ ;屈曲畸形: $t=-1.604, P=0.119$ ;稳定性: $t=-1.000, P=0.325$ ;总分: $t=-5.705, P=0.000$ 。移植组术后与术前比较,疼痛: $t=-11.667, P=0.000$ ;功能: $t=-3.144, P=0.003$ ;活动度: $t=-2.022, P=0.050$ ;肌力: $t=-2.634, P=0.012$ ;屈曲畸形: $t=-2.343, P=0.025$ ;稳定性: $t=-2.229, P=0.032$ ;总分: $t=-10.034, P=0.000$

Note:In the microfracture group, postoperative compared to preoperative, pain: $t=-5.096, P=0.000$ ;function: $t=-2.211, P=0.034$ ;range of motion: $t=-0.821, P=0.418$ ;muscle strength: $t=-1.789, P=0.083$ ;flexion deformity: $t=-1.604, P=0.119$ ;stability: $t=-1.000, P=0.325$ ;total score: $t=-5.705, P=0.000$ . In the mosaicplasty group, postoperative compared to preoperative, pain: $t=-11.667, P=0.000$ ;function: $t=-3.144, P=0.003$ ;range of motion: $t=-2.022, P=0.050$ ;muscle strength: $t=-2.634, P=0.012$ ;flexion deformity: $t=-2.343, P=0.025$ ;stability: $t=-2.229, P=0.032$ ;total score: $t=-10.034, P=0.000$

提供更好的关节镜下解剖外观与临床效果,也可为儿童剥脱性骨软骨炎患者,提供更好的磁共振影像表现与临床结果<sup>[11-13]</sup>。Solheim 等<sup>[14]</sup>研究显示,微骨折术后疗效差的病例,一般都为术前股骨内髁负重区软骨损伤面积>2 cm<sup>2</sup>者,微骨折术后再手术率也高于移植组。再手术的主要原因,是初次术后症状的复发。再手术的术式一般采用镶嵌移植术或人工关节置换术。

### 3.2 两种术式疗效差异的原因分析

移植术比微骨折术临床疗效更佳,可能与最终填充关节软骨缺损处组织生物力学性质差异有关<sup>[14-15]</sup>。微骨折技术以及其它骨髓刺激技术,通过手术刺穿软骨下骨板,从骨髓中释放多能间质干细胞来进行修复治疗。理论上这一技术可引起透明软骨样软骨组织修复,但最终引起的是纤维软骨或普通纤维组织修复。这些组织的生物力学特性远不及透明软骨,容易再次破损。与骨髓刺激术相比,镶嵌移植术不依赖于干细胞分化成软骨细胞而形成透明软骨。移植术完成后,绝大部分软骨缺损都已经被移植而来的正常自体透明软骨和软骨下骨所取代。软骨下骨的存在与再血管化,有利于移植后透明软骨的存活。研究证实,微骨折术后 1 年随访时,关节镜重新评估显示 55%的病例存在修复不良,而移植术后 79%病例的修复区软骨基本正常<sup>[12]</sup>。磁共振检查也显示中长期随访时,微骨折术后区域有不同程度的关节表面不规则,而移植术后关节表面则较为规则。

### 3.3 骨软骨镶嵌移植术后疗效的影响因素

镶嵌移植术后临床疗效与术前软骨损伤面积大

小无明显相关性<sup>[14,16]</sup>。然而,有几个因素可能影响其临床疗效:移植后骨软骨柱解剖位置的不理想,包括太凸起、太凹陷,或者角度不正确等,易于出现局部的过度磨损;移植后骨软骨柱与受区周围软骨的愈合不充分,可能导致移植的骨软骨柱移位、倾斜;以纤维软骨或纤维组织愈合的供区,可能出现不适症状。所有这些因素都能增加远期发生膝关节骨关节炎的风险<sup>[17-18]</sup>。

### 3.4 骨软骨镶嵌移植术的注意事项

关节镜下实施骨软骨移植术,能明显减少手术创伤,但是在移植多个骨软骨柱时,切开手术能更精确地修复关节软骨面。专用的骨软骨取材管有多种直径,综合考虑修复能力与移植后骨软骨柱的再血管化能力,一般认为骨软骨柱的最佳直径为 4.5~6.5 mm。在取供区骨软骨块时,需考虑受区的关节曲度,以减少术后不匹配引起的软骨损伤。对于损伤面积>3 cm<sup>2</sup>以上的病例,由于供区的骨软骨组织有限,需要进行规划,在尽量预防供区并发症的前提下,确保满足受区的需要。移植多个骨软骨柱时,应在下一个骨槽制备之前,完成骨软骨柱在前一个骨槽内的植入,以预防受区骨槽壁骨折。膝内翻影响术后股骨内髁软骨的修复,膝外翻影响股骨外髁软骨的修复,因此如果存在异常的下肢力线,也应进行矫正。对于前交叉韧带断裂合并股骨髁全层软骨缺损的患者,联合实施前交叉韧带重建与镶嵌移植术,比单独实施前交叉韧带重建术的临床疗效更好<sup>[19]</sup>。

总之,自体骨软骨镶嵌移植术与微骨折术治疗膝关节股骨远端关节面软骨损伤均安全、有效,但自

体骨软骨镶嵌移植术比微骨折术临床疗效更佳。

#### 参考文献

- [1] Widuchowski W, Widuchowski J, Trzaska T. Articular cartilage defects: study of 25, 124 knee arthroscopies[J]. *Knee*, 2007, 14(3): 177-182.
- [2] Pónics G, Hangody LR, Baló E, et al. Osteochondral autograft and mosaicplasty in the football (soccer) athlete[J]. *Cartilage*, 2012, 3(1 Suppl): 25S-30S.
- [3] Ulstein S, Årøen A, Røtterud JH, et al. Microfracture technique versus osteochondral autologous transplantation mosaicplasty in patients with articular chondral lesions of the knee: a prospective randomized trial with long-term follow-up[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22(6): 1207-1215.
- [4] 辛龙, 张春, 徐卫星, 等. 膝关节软骨损伤的外科治疗进展[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(3): 281-285.  
XI L, ZHANG C, XU WX, et al. Current advances on surgical treatment for knee articular cartilage injuries[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2018, 31(3): 281-285. Chinese with abstract in English.
- [5] 王连, 侯鹏, 蒋涛, 等. 不同来源间充质干细胞在膝关节软骨修复中的临床研究进展[J]. *中国骨伤*, 2017, 30(6): 581-586.  
WANG L, HOU P, JIANG T, et al. Different sources of mesenchymal stem cells for the treatment of cartilage repair in knee joint[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2017, 30(6): 581-586. Chinese with abstract in English.
- [6] 石仕元, 应小樟, 胡德新, 等. 含自体富集骨髓干细胞松质骨移植与自体松质骨镶嵌移植修复关节软骨缺损的对比研究[J]. *中国骨伤*, 2011, 24(4): 332-335.  
SHI SY, YING XZ, HU DX, et al. Experiment on articular cartilage defect repaired with autologous cancellous bone or cancellous bone enriching bone marrow stem cell[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2011, 24(4): 332-335. Chinese with abstract in English.
- [7] Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of scoring scale[J]. *Am J Sports Med*, 1982, 10(3): 150-154.
- [8] Insall JN, Dorr LD, Scott RD, et al. Rationale of the Knee Society clinical rating system[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1989, (248): 13-14.
- [9] Chalmers PN, Vigneswaran H, Harris JD, et al. Activity-related outcomes of articular cartilage surgery: a systematic review[J]. *Cartilage*, 2013, 4(3): 193-203.
- [10] Bowland P, Ingham E, Fisher J, et al. Simple geometry tribological study of osteochondral graft implantation in the knee[J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2018, 232(3): 249-256.
- [11] Devitt BM, Bell SW, Webster KE, et al. Surgical treatments of cartilage defects of the knee: systematic review of randomised controlled trials[J]. *Knee*, 2017, 24(3): 508-517.
- [12] Miller DJ, Smith MV, Matava MJ, et al. Microfracture and osteochondral autograft transplantation are cost-effective treatments for articular cartilage lesions of the distal femur[J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43: 2175-2181.
- [13] Pareek A, Reardon PJ, Macalena JA, et al. Osteochondral autograft transfer versus microfracture in the knee: a meta-analysis of 16 prospective comparative studies at midterm[J]. *Arthroscopy*, 2016, 32: 2118-2130.
- [14] Solheim E, Hegna J, Inderhaug E. Long-term clinical follow-up of microfracture versus mosaicplasty in articular cartilage defects of medial femoral condyle[J]. *Knee*, 2017, 24(6): 1402-1407.
- [15] Solheim E, Hegna J, Strand T, et al. Randomized study of long-term (15-17 years) outcome after microfracture versus mosaicplasty in knee articular cartilage defects[J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46(4): 826-831.
- [16] Mundi R, Bedi A, Chow L, et al. Cartilage restoration of the knee: a systematic review and meta-analysis of level 1 studies[J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44: 1888-1895.
- [17] Chawla A, Twycross-Lewis R, Maffulli N. Microfracture produces inferior outcomes to other cartilage repair techniques in chondral injuries in the paediatric knee[J]. *Br Med Bull*, 2015, 116: 93-103.
- [18] Chadli L, Steltzlen C, Toanen C, et al. Hybrid fixation in adult osteochondritis dissecans of the knee[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2018, 104(2): 223-225.
- [19] Gaweda K, Walawski J, Wegfowski R, et al. Treatment outcome after one-stage reconstruction of the anterior cruciate ligament and mosaicplasty of the articular cartilage of the knee[J]. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2005, 7(1): 66-71.

(收稿日期: 2018-10-06 本文编辑: 连智华)