

· 临床论著 ·

胫骨高位截骨富血小板血浆治疗膝内侧骨性关节炎[△]

熊正罡¹, 崔鹏举¹, 赵洋洋¹, 高红伟², 郑家春^{1*}

(1. 山东大学第二医院, 山东济南 250031; 2. 江苏省苏北人民医院, 江苏扬州 225000)

摘要: [目的] 评价胫骨高位截骨 (high tibial osteotomy, HTO) 联合富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 治疗膝内侧骨关节炎 (medial knee osteoarthritis, MKOA) 的疗效。[方法] 回顾性分析 2016 年 12 月—2020 年 3 月本院收治的 88 例 MKOA 患者的临床资料, 根据医患沟通结果, 将患者分为三组, 29 例行 HTO (HTO 组), 31 例行 PRP (PRP 组), 28 例行 HTO 和 PRP 治疗 (复合组)。比较三组围手术期、随访及影像资料。[结果] 三组患者均顺利完成手术, 术中均无严重并发症, 均获随访 18 个月以上。复合组完全负重活动时间显著早于 HTO 组 ($P<0.05$)。术后随时间推移, 三组 VAS 评分均显著减少 ($P<0.05$), 而膝关节屈伸 ROM 和 KOOS 评分显著增加 ($P<0.05$)。术前三组上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 术后 6 个月, 复合组上述指标均显著优于其他两组 ($P<0.05$); 末次随访, HTO 组及复合组患者各评分均显著优于 PRP 组 ($P<0.05$), 而复合组与 HTO 组各评分差异无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 与术前相比, 术后即刻及末次随访时, HTO 组与复合组的股胫角 (femorotibial angle, FTA)、胫骨近段内侧角 (medial proximal tibial angle, MPTA) 均显著改善 ($P<0.05$), 但内侧室 Kellgren-Lawrence 分级无显著改变 ($P>0.05$)。相应时间点, 两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] HTO 联合 PRP 治疗可显著改善膝关节功能, 缓解疼痛, 优于任何单一治疗。

关键词: 膝内侧骨性关节炎, 保膝治疗, 胫骨高位截骨, 富血小板血浆

中图分类号: R684.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 05-0385-06

High tibial osteotomy combined with platelet-rich plasma for medial knee osteoarthritis // XIONG Zheng-gang¹, CUI Peng-ju¹, ZHAO Yang-yang¹, GAO Hong-wei², ZHENG Jia-chun¹. 1. The Second Hospital, Shandong University, Jinan 250031, China; 2. Subei People's Hospital, Yangzhou 225000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical outcomes of high tibial osteotomy (HTO) combined with platelet-rich plasma (PRP) for medial knee osteoarthritis (MKOA). [Methods] A retrospective study was conducted on 88 patients for MKOA in our hospital from December 2016 to March 2020. According to doctor-patient communication results, patients were divided into 3 groups, 29 patients received HTO, 31 patients underwent PRP, while the remaining 28 patients were treated by HTO combined with PRP (the combined group). The perioperative period, follow-up and imaging data were compared among the 3 groups. [Results] All the patients in the 3 groups had the corresponding procedures performed successfully without serious complications, and were followed up for more than 18 months. The combined group resumed full weight-bearing activity significantly earlier than the HTO group ($P<0.05$). The VAS scores decreased significantly ($P<0.05$), while the knee flexion and extension ROM and KOOS scores significantly increased in all the 3 groups over time ($P<0.05$). Although there was no significant difference in the above items among the three groups before operation ($P>0.05$), the combined group proved significantly superior to the other two groups at 6 months after operation ($P<0.05$). At latest follow-up, the HTO group and the combined group proved significantly superior to the PRP group in terms of abovementioned scores ($P<0.05$), while there were no significant differences in the scores between the composite group and the HTO group ($P>0.05$). Regarding imaging, the femorotibial angle (FTA) and medial proximal tibial angle (MPTA) were significantly improved in the HTO group and the combined group both immediately after surgery and at the last follow-up ($P<0.05$), but there was no significant change in Kellgren-Lawrence grade in the medial compartment ($P>0.05$). At the corresponding time points, there was no significant difference in the above imaging indexes between the two groups ($P>0.05$). [Conclusion] This HTO combined with PRP does significantly improve knee function and relieve pain, which is superior to any single therapy.

Key words: medial knee osteoarthritis, knee preservation, high tibial osteotomy, platelet-rich plasma

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.05.01

[△]基金项目:济南市临床医学科技创新计划项目(编号:201805043)

作者简介:熊正罡,住院医师,硕士,研究方向:创伤骨科,(电话)17660081665,(电子信箱)xzg_90@163.com

* 通信作者:郑家春,(电话)17660081676,(电子信箱)18764023258@126.com

膝关节骨关节炎 (knee osteoarthritis, KOA) 好发于 50 岁以上人群, 影响全球 3.8% 的人口^[1, 2]。目前人工膝关节置换术是治疗 KOA 的主要术式, 但鉴于人工关节的使用寿命, 此种手术主要针对年龄 >60 岁的中晚期骨关节炎患者, 且关节置换创伤大, 术后并发症多, 很难达到预期治疗效果^[3]。因此针对年龄 <60 岁或体力活动较大, 伴膝关节畸形, 特别是膝内侧室骨性关节炎 (medial knee osteoarthritis, MKOA) 的患者多主张膝关节周围截骨矫形术。膝周截骨矫形包括胫骨高位截骨矫形术 (high tibial osteotomy, HTO)、股骨远端截骨 (distal femoral osteotomy, DFO) 等^[4]。截骨术已取得肯定疗效, 但存在矫形角度丢失、韧带松弛等问题, 且传统术式中不能直接修复退行性关节内病变, 后期行关节置换的比例仍较高^[5, 6]。富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 是近期广泛使用治疗 KOA 的有效方法^[7-9]。

基于以上研究, 截骨可恢复下肢力线, 减少软骨磨损; PRP 可促进关节软骨修复, 延缓关节退变。作者假设截骨矫形术联合 PRP 治疗 MKOA 可以取得更好的临床结果, 为此, 本研究回顾性分析比较 HTO 截骨、PRP 关节内注射, 以及 HTO 联合 PRP 治疗 KOA 的临床结局, 为保膝治疗 KOA 提供参考。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 患者年龄 <60 岁, 可耐受手术; (2) 以单侧症状为主, 影像确诊为 MKOA; (3) 膝关节活动度基本正常, 屈曲畸形 <10°, 内翻畸形 >5°; (4) 保守治疗 >3 个月, 效果不佳; (5) 随访 18 个月以上, 资料完整。

排除标准: (1) 炎症性或感染性关节炎、重度骨质疏松; (2) 类风湿性关节炎; (3) 严重心脑血管疾病、肝肾功能和凝血功能障碍; (4) 肿瘤患者; (5) 1 年内接受与膝关节有关的开放性手术; (6) 过敏体质者。

1.2 一般资料

回顾性分析 2016 年 12 月—2020 年 3 月本院骨科收治的 MKOA 患者的临床资料, 符合上述标准的患者共 88 例。根据医患沟通结果, 将患者分为三组, 其中, HTO 组 29 例, PRP 组 31 例, 复合组 28 例。三组患者术前一般资料见表 1, 三组年龄、性别、BMI、病程、侧别等一般资料差异无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究计划经本院伦理委员会批准, 所有患者均提供书面知情同意书。

表 1 三组患者术前一般资料与比较

指标	HTO 组 (n=29)	PRP 组 (n=31)	复合组 (n=28)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	57.6±2.4	57.3±3.5	58.2±3.1	0.653
性别 (例, 男/女)	12/17	13/18	10/18	0.867
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	24.8±1.3	24.6±1.5	24.7±1.7	0.683
病程 (年, $\bar{x} \pm s$)	6.2±2.1	5.0±2.6	6.1±2.3	0.152
侧别 (例, 左/右)	15/14	17/14	12/16	0.639

1.3 治疗方法

HTO 组: 行胫骨上端内侧 6 cm 纵切口, 剥离牵开软组织, 显露胫骨前内侧皮质。距胫骨平台关节面 3 cm 的胫骨内侧对向腓骨头打入 2 枚 2.5 mm 克氏针, 透视下确认定位准确, 行胫骨截骨, 注意保留胫骨外侧约 1 cm 合页皮质区。采用叠层骨刀缓慢撑开内侧截骨间隙, 至术前测量宽度。透视见下肢力线通过 Fujisawa 点, 钢板固定。术毕再次检查力线及内固定情况, 冲洗后逐层缝合切口。

PRP 组: 术前清晨经患者肘前静脉抽取全血 40 ml, 制备 PRP。患者取平卧位, 伸直患膝。消毒后选取髌韧带内侧关节间隙为进针点, 用一次性注射器将制备的 PRP 经皮穿刺注入关节腔, 注射后屈伸活动膝关节 3~4 次。每 2 周注射 1 次, 连续 3 次。

复合组: 截骨方法同 HTO 组, PRP 制备方法同 PRP 组, 在截骨手术完成关闭切口后, 选取髌韧带内侧关节间隙为进针点, 将制备的 PRP 经皮穿刺注入关节腔, 略微活动膝关节, 使其最大程度覆盖关节间室。每 2 周注射 1 次, 连续 3 次。

术后第 1 d 于床上行股四头肌锻炼及踝泵运动, 并直腿抬高运动 200~500 次, 锻炼因人而异, 保证次日无明显肿痛即可。根据康复情况拄双拐部分负重训练, 并开始屈伸功能锻炼。1 个月后门诊复查, 根据康复情况进一步指导功能锻炼。

1.4 评价指标

记录治疗期资料。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、膝关节损伤与骨关节炎评分 (knee injury and osteoarthritis outcome score, KOOS) 及膝关节屈伸活动度 (range of motion, ROM) 评价临床效果。行影像检查, 测量股胫角 (femorotibial angle, FTA)、胫骨近段内侧角 (medial proximal tibial angle, MPTA) 和胫骨后倾角 (posterior tibial slope, PTS), 记录内侧室 Kellgren-Lawrence (K-L) 分级的变化。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计学分析。计

量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 采用单因素方差分析, 两比较采用 *LSD* 法; 资料呈非正态分布时, 采用 *Kruskal-Wallis H* 检验。计数资料采用 χ^2 检验或 *Fisher* 精确检验。等级资料采用 *Kruskal-Wallis H* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期资料

三组患者均顺利完成手术, 术中均未发生神经、血管等严重损伤。HTO 组术中出现 2 例胫骨外侧合页断裂, 复合组术中出现 1 例胫骨外侧合页断裂, 术后延迟患肢负重及支具外固定, 并适当进行负重训练, 骨折处均愈合。术后各组切口均一期愈合, 无切口感染、下肢静脉血栓等早期并发症。围术期资料见表 2。因 PRP 组经皮穿刺, 不存在手术切口、出血量及透视次数, 且术后直接下地行走。HTO 组和复合组患者切口长度、术中失血量、透视次数及下地行走时间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。PRP 组手术时间、住院时间显著少于另外两组 ($P < 0.05$)。

表 2 三组患者围手术期资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	HTO 组 (n=29)	PRP 组 (n=31)	复合组 (n=28)	P 值
手术时间 (min)	89.5±9.0	9.3±2.4	91.6±10.0	<0.001
切口总长度 (cm)	8.2±1.0	-	8.2±1.1	0.909
术中失血量 (ml)	93.3±7.4	-	94.1±8.1	0.685
术中透视次数 (次)	8.4±1.2	-	8.6±1.4	0.577
下地行走时间 (d)	4.6±1.0	-	4.6±1.0	0.826
住院时间 (d)	10.1±1.9	4.3±1.2	9.31±2.0	<0.001

2.2 随访结果

所有患者均获随访 18 个月以上。三组随访结果见表 3, 复合组完全负重活动时间显著早于 HTO 组 ($P < 0.05$)。术后随时间推移, 三组患者 VAS 评分均显著减少 ($P < 0.05$), 膝伸屈 ROM 及 KOOS 评分显著增加 ($P < 0.05$)。术前三组 VAS 评分、膝伸屈 ROM 及 KOOS 评分的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 术后 6 个月, 复合组上述指标均显著优于其他两组 ($P < 0.05$)。末次随访, HTO 组及复合组各评分均显著优于 PRP 组 ($P < 0.05$), 复合组与 HTO 组各评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 随访期间各组患者均未发生感染、截骨处再骨折等并发症, 均无二次手术。

2.3 影像评估

影像学各指标见表 4。PRP 组未改变力线, 因此不在比较范围内。与术前相比, 术后即刻及末次随访时, HTO 组与复合组 FTA 角、MPTA 角、PTS 角均显著改善 ($P < 0.05$) (图 1), 但内侧室 K-L 分级无显著改变 ($P > 0.05$)。相应时间点, 各组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。随访过程中, 部分患者 FTA 及 MPTA 有 $1^\circ \sim 3^\circ$ 不同程度的角度丢失。至末次随访, 各组患者内固定均无松动, HTO 组 2 例未完全骨性愈合, 复合组 1 例未达骨性愈合。

3 讨论

目前中国膝骨性关节炎 65 岁以上人群患病率为 8.1%, 膝骨性关节炎致残率高达 53%^[10, 11], 严重影响患者生活质量。HTO 可减轻受影响的关节间室压力并纠正畸形, 是一种公认的治疗有症状的膝关节炎的替代方案^[12]。Choi 等^[13] 研究表明 HTO 术后 15 年满意率为 60%; Edgerton 等^[14] 对采用 DFO 治疗的 24 例膝关节进行了随访, 发现 71% 的患者在平均 8.3 年的随访中有良好或优秀的结果。但是, HTO 虽然可减轻一侧间室的压力, 但会增加对侧间室的压力, 不能直接修复退变的软骨和滑膜。研究表明, PRP 治疗后, 血清中促炎标志物嗜酸性粒细胞趋化因子、单核细胞趋化蛋白-1、基质金属蛋白酶-1 下降, 表明注射 PRP 具有抗炎作用; 而白细胞介素-10、表皮生长因子、PDGF 抗体、TGF- β 1 的水平显著降低, 考虑是 PRP 全面抑制炎症的结果。软骨寡聚基质蛋白、骨形态发生蛋白-2、2 型胶原蛋白血清水平显著增加, 证明 PRP 的使用可能对软骨形成有效^[8, 15]。

本研究发现, 与接受截骨手术患者相比, PRP 组在术后各项评分中效果较差, 考虑其没有通过截骨矫正下肢力线, 无法改善膝关节畸形状态, 使一侧间室压力持续存在, 导致软骨持续退变, 影响 PRP 促进软骨生长的效果。也可能由于滑膜增生导致 PRP 分布不均, 削弱了 PRP 抗炎及促软骨生长的作用。复合组患者在术后 6 个月疼痛评分明显优于 HTO 组, 考虑 PRP 促进软骨生成的作用逐渐显现, 受损骨面被覆软骨再生开始再生。吴训等^[16] 研究结果显示, 关节软骨损伤后 4~8 周后可见损伤区软骨组织修复, 认为软骨损伤是膝关节骨性关节炎疼痛的主要原因。目前可见截骨术后患者各项指标均明显改善, 但影响术后膝关节功能的因素众多, 包括年龄、体

重、韧带质量、力线恢复、骨质疏松及术后康复锻炼^[17]。目前认为年龄是重要的独立影响因素，患者年龄越大，或伴有骨质疏松等，术后骨折愈合时间越长，关节功能恢复越差，翻修概率越大。当前研究中，针对年龄的争议最普遍，Trieb^[18]坚持认为年龄需<65岁，但Flamme等^[19]通过长期随访认为年龄并

不是截骨矫形绝对影响因素。Schuster等^[20]研究表明，10年随访的79例膝关节[年龄(50.9±7.6)岁]有81.7%不用行二次手术。本研究认为，单纯HTO可能对老龄患者预后不佳，但联合PRP治疗，是否可弥补老龄患者软骨再生能力减退等问题，尚需进一步观察。

表 3 三组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	时间点	HTO组 (n=29)	PRP组 (n=31)	复合组 (n=28)	P值
完全负重活动时间 (d)		66.2±8.4	-	61.3±9.1	0.037
VAS 评分 (分)	术前	7.1±1.1	7.0±0.9	7.2±1.1	0.850
	术后 6 个月	2.7±1.1	2.9±0.8	2.1±1.0	0.004
	末次随访	1.2±1.2	2.1±1.2	1.3±1.1	0.005
	P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
膝伸屈 ROM (°)	术前	102.8±10.8	106.8±10.9	104.4±13.1	0.395
	术后 6 个月	113.6±9.5	112.2±10.9	119.4±11.6	0.029
	末次随访	124.4±8.1	119.1±10.0	126.3±10.9	0.017
	P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
KOOS 疼痛 (%)	术前	55.6±11.3	58.0±10.3	55.4±10.2	0.698
	术后 6 个月	77.1±11.3	74.0±13.7	83.1±10.9	0.006
	末次随访	87.1±7.4	79.6±12.5	86.6±7.1	0.019
	P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
KOOS 症状 (%)	术前	56.3±10.1	55.3±10.63	58.3±10.7	0.644
	术后 6 个月	79.2±10.3	75.5±11.5	85.6±8.7	0.002
	末次随访	87.1±8.6	80.7±9.6	90.2±8.1	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
KOOS 生活 (%)	术前	55.9±16.2	55.5±14.7	56.1±13.5	0.988
	术后 6 个月	84.8±7.8	81.0±7.4	88.7±7.1	<0.001
	末次随访	88.7±7.0	85.9±7.3	90.1±6.7	0.009
	P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
KOOS 运动 (%)	术前	51.2±10.0	48.7±11.3	48.9±10.1	0.569
	术后 6 个月	73.1±9.6	67.6±10.2	77.9±9.6	<0.001
	末次随访	77.2±9.8	73.6±9.4	81.1±8.0	0.002
	P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
KOOS 生活质量 (%)	术前	52.8±9.4	53.2±10.1	55.4±8.8	0.527
	术后 6 个月	74.1±7.6	69.6±10.9	78.4±7.7	0.003
	末次随访	82.8±9.1	75.2±12.9	83.0±8.3	0.039
	P 值	<0.001	<0.001	<0.001	

本研究发现，部分截骨患者在长期随访中表现出一定的疗效降低^[21]，本研究结果显示 FTA 及 MPTA 均有不同程度丢失。Wang 等^[22]的研究也存在同样结果，认为是术后存在由跷跷板效应引起的关节内不协调，且高度胫骨内翻导致 HTO 术后矫正丢失的频

率更高，重度膝骨关节炎在力线纠正后，内收力矩不足以打开内侧关节空间。但若 FTA 过度矫正会引起下肢力线畸形改变，Martay 等^[23]的研究结果显示，将下肢负重力线矫正至胫骨宽度的 62%~65%，约 3.4°~4.6°外翻，虽降低了内侧应力，但引入了损

伤外侧间室组织的危险。俞颖豪等^[24]认为,对于 K-L III 级患者,若外翻角度不足,其并发症发生率将明显增加;对于 K-L II 级或更早的骨关节炎,合适的矫正度数可以降低不良后果发生率。Sethi 等^[25]认为,HTO 术后外翻角为 3°~13°才能取得较好的远期效果。同时,本研究中截骨患者 PTS 角度在随访过程中均有增加,有研究认为 PTS 改变的关键点在于

打开间隙时扩张器的位置,若扩张器相对向前定位胫骨平台倾向于向后倾斜^[23]。目前有学者提出,在术中通过悬空膝关节,可有效改善术后 PTS 增大的可能^[26]。基于以上发现,本研究认为是否可根据膝骨关节炎严重程度重新评估需要矫正的 FTA 及 MP-TA,从而减轻术后矫正角度丢失及复发可能。

表 4 三组患者影像评估结果与比较

指标	时间点	HTO 组 (n=29)	PRP 组 (n=31)	复合组 (n=28)	P 值
FTA 角 (°, $\bar{x} \pm s$)	术前	181.5±3.2	180.4±2.3	181.9±2.6	0.121
	术后即刻	173.9±2.1	-	174.3±2.2	0.444
	末次随访	175.5±2.1	-	176.0±2.0	0.397
	P 值	<0.001	-	<0.001	
MPTA 角 (°, $\bar{x} \pm s$)	术前	80.1±4.0	82.1±3.5	81.0±3.1	0.098
	术后即刻	92.9±4.0	-	93.3±3.8	0.528
	末次随访	91.0±4.3	-	91.2±4.9	0.571
	P 值	<0.001	-	<0.001	
PTS 角 (°, $\bar{x} \pm s$)	术前	8.5±1.0	8.3±1.0	8.7±1.2	0.382
	术后即刻	9.3±1.0	-	9.4±1.0	0.761
	末次随访	9.9±1.0	-	10.1±1.0	0.438
	P 值	<0.001	-	<0.001	
内侧室 K-L 分级 (膝, I/II/III/IV)	术前	5/8/11/5	9/9/9/4	4/8/12/4	0.384
	术后即刻	5/8/11/5	9/9/9/4	4/8/12/4	0.384
	末次随访	6/10/8/5	8/8/10/5	7/9/8/4	0.942
	P 值	0.806	0.851	0.514	

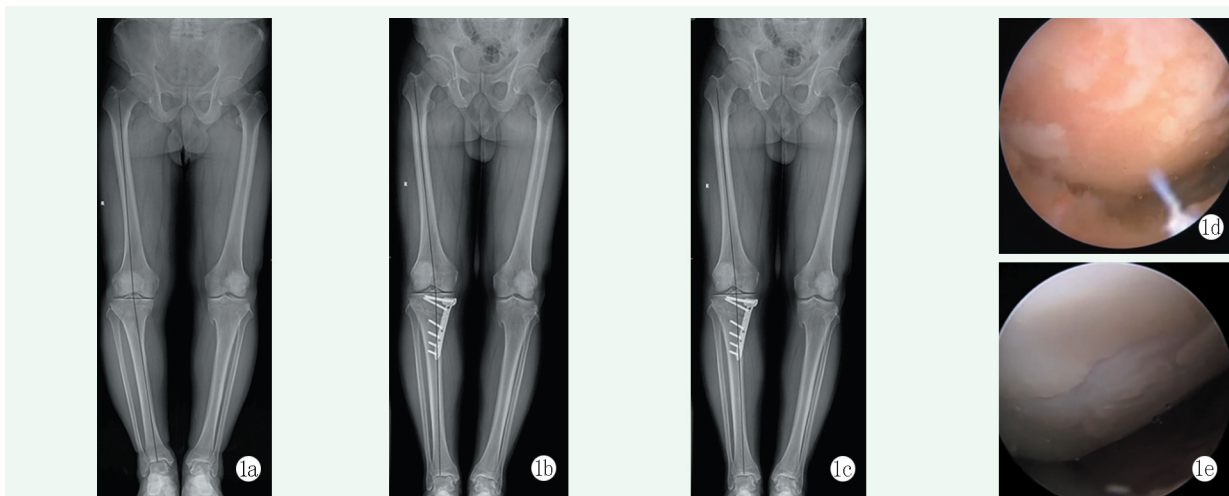


图 1 患者,男,57 岁,右膝疼痛 7 年,行右侧 HTO 和 PRP 注射治疗(复合组) 1a: 术前下肢全长 X 线片,FTA=181.3°,MPTA=173.5° 1b: 术后即刻下肢全长 X 线片,FTA=173.5°,MPTA=90.6° 1c: 末次随访下肢全长 X 线片,FTA=176.1°,MPTA=89.4° 1d: 截骨前膝内侧室镜检,见股骨内侧髁大面积关节软骨缺失 1e: 术后 2 年镜检,见股骨内侧髁软骨部分修复

综上所述,HTO 联合 PRP 是临床上治疗膝骨关节炎的一种较好的方法,在术后早期具有明显效果,可缓解膝关节症状,改善膝关节功能。PRP 治疗虽能缓解膝骨关节炎进展,但对于膝关节内翻患者,仍

建议行 HTO 改变下肢力线,矫正畸形。

本研究存在的局限性:(1) 随访时间较短,且纳入的病例数较少;(2) 受制于试验条件限制,对于 PRP 注射的浓度高低及是否需要多次注射会效果更

佳,有待进一步研究;(3)部分患者在随访时间内失访,这可能造成选择偏倚;(4)评价指标之一是疼痛的水平,受患者主观感受影响较大,结果上可能会产生偏倚;(5)由于条件限制,术中矫正畸形的准确性低于预期,可能影响膝关节疼痛和功能评分。

参考文献

- [1] Kennedy MI, Whitney K, Evans T, et al. Platelet-rich plasma and cartilage repair [J]. *Curr Rev Musculoskel Med*, 2018, 11 (4): 573-582.
- [2] 韩昶晓,田向东,王剑,等.胫骨截骨联合关节镜治疗内侧室膝骨关节炎[J].*中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (21): 1949-1954.
- [3] 刘效仿,周观明,管明强,等.两种胫骨高位截骨方式治疗膝内侧室骨性关节炎疗效比较[J].*中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (7): 607-612.
- [4] Saito H, Yonekura A, Saito K, et al. A new double level osteotomy procedure to restore a joint line and joint angles in severe varus osteoarthritis. Double level osteotomy associated with tibial condylar valgus osteotomy (DLOTO) [J]. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*, 2020, 24: 9-13.
- [5] Hernigou P, Giber D, Dubory A, et al. Safety of simultaneous versus staged bilateral opening-wedge high tibial osteotomy with locked plate and immediate weight bearing [J]. *Int Orthop*, 2020, 44 (1): 109-117.
- [6] W-Dahl A, Robertsson O. Similar outcome for total knee arthroplasty after previous high tibial osteotomy and for total knee arthroplasty as the first measure [J]. *Acta Orthop*, 2016, 87 (4): 395-400.
- [7] Zhang B, Yu J, Fan D, et al. Effect of intraarticular injection of platelet-rich plasma on knee osteoarthritis: a multicenter retrospective clinical study [J]. *J Healthcare Eng*, 2022, 2022: 1788153.
- [8] Lacko M, Harvanová D, Slovinská L, et al. Effect of intra-articular injection of platelet-rich plasma on the serum levels of osteoarthritic biomarkers in patients with unilateral knee osteoarthritis [J]. *J Clin Med*, 2021, 10 (24): 5801.
- [9] Tang JZ, Nie MJ, Zhao JZ, et al. Platelet-rich plasma versus hyaluronic acid in the treatment of knee osteoarthritis: a meta-analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1): 403.
- [10] Tang X, Wang S, Zhan S, et al. The prevalence of symptomatic knee osteoarthritis in china: results from the China Health And Retirement Longitudinal Study [J]. *Arthritis Rheumatol (Hoboken, N. J.)*, 2016, 68 (3): 648-653.
- [11] 中华医学会骨科学分会.骨关节炎诊治指南(2007年版)[J].*中华骨科杂志*, 2007, 27 (10): 793-796.
- [12] 宋伟,朱振国,徐进,等.单髁置换术与胫骨高位截骨术治疗膝关节炎性骨关节炎的荟萃分析[J].*中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (21): 1962-1968.
- [13] Choi HR, Hasegawa Y, Kondo S, et al. High tibial osteotomy for varus gonarthrosis: a 10- to 24-year follow-up study [J]. *J Orthop Sci*, 2001, 6 (6): 493-497.
- [14] Edgerton BC, Mariani EM, Morrey BF. Distal femoral varus osteotomy for painful genu valgum. A five-to-11-year follow-up study [J]. *Clin Orthop*, 1993, 288 (288): 263-269.
- [15] Zhang Q, Xu W, Wu K, et al. Intra-articular pure platelet-rich plasma combined with open-wedge high tibial osteotomy (HTO) improves clinical outcomes and minimal joint space width compared with HTO alone in knee osteoarthritis: a prospective study [J]. *Arthroscopy*, 2022, 38 (2): 476-485.
- [16] 吴训,孟娟红,张建运,等.浓缩生长因子修复兔髌突全层软骨损伤[J].*中国组织工程研究*, 2021, 25 (8): 1166-1171.
- [17] Pignato M, Arbeeve L, Schwartz TA, et al. Level of participation in physical therapy or an internet-based exercise training program: associations with outcomes for patients with knee osteoarthritis [J]. *BMC Musculoskel Disord*, 2018, 19 (1): 238.
- [18] Trieb K, Grohs J, Hanslik-Schnabel B, et al. Age predicts outcome of high-tibial osteotomy [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Srthroscopy*, 2006, 14 (2): 149-152.
- [19] Flamme CH, Rühmann O, Schmolke S, et al. Long-term outcome following high tibial osteotomy with tension bend principle [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2003, 123 (1): 12-16.
- [20] Schuster P, Geßlein M, Schlumberger M, et al. Ten-year results of medial open-wedge high tibial osteotomy and chondral resurfacing in severe medial osteoarthritis and varus malalignment [J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46 (6): 1362-1370.
- [21] 周青,张辉.胫骨高位截骨术治疗膝关节骨关节炎的长期随访[J].*中国矫形外科杂志*, 2000, 7 (9): 837-841.
- [22] Wang X, Shi L, Zhang R, et al. Salvage of severe knee osteoarthritis: efficacy of tibial condylar valgus osteotomy versus open wedge high tibial osteotomy [J]. *Orthop Surg Res*, 2021, 16 (1): 451.
- [23] Martay JL, Palmer AJ, Bangerter NK, et al. A preliminary modeling investigation into the safe correction zone for high tibial osteotomy [J]. *Knee*, 2018, 25 (2): 286-295.
- [24] 俞颖豪,赵继军,刘冬铤,等.个体化开放楔形胫骨高位截骨治疗内侧间室膝骨关节炎的优势[J].*中国组织工程研究*, 2020, 24 (27): 4310-4316.
- [25] Sethi G, Aljawadi A, Elmajee M, et al. Determination of the postoperative limb alignment following a high tibial osteotomy in patients with uni-compartmental knee osteoarthritis, review article [J]. *J Orthop*, 2020, 18 (1): 53-57.
- [26] 李军,梁帅,姚运峰,等.悬空膝关节对内侧开放楔形胫骨高位截骨术后胫骨平台后倾角的影响[J].*中国修复重建外科杂志*, 2022, 36 (6): 703-707.

(收稿:2022-04-03 修回:2022-11-03)

(同行评议专家:康庆林 方永超 周岳来)

(本文编辑:郭秀婷)