

· 临床研究 ·

微创复位联合 Jail 螺钉技术固定治疗孤立性胫骨平台后外侧塌陷骨折

孔祥如* 姜 伟 单宇宙 孙健宁 刘 旭 钱 玉 杨 春 杨太明

(徐州医科大学附属宿迁医院 南京鼓楼医院集团宿迁医院骨科, 宿迁 223800)

【摘要】 目的 探讨经骨隧道微创复位联合 Jail 螺钉技术固定治疗孤立性胫骨平台后外侧塌陷骨折的临床疗效。**方法** 2016 年 10 月~2020 年 10 月我科对 25 例孤立性胫骨平台后外侧塌陷骨折应用 Mimics20.0 软件行术前规划,术中经胫骨骨隧道空心顶棒锤击复位胫骨平台后外侧塌陷骨折, Jail 螺钉固定。比较术前、术后第 2 天及术后 1 年胫骨平台关节面塌陷距离、胫骨平台后倾角 (posterior slope angle, PSA) 及 Rasmussen 解剖评分, 术后第 2 天、术后 1 年采用美国特种外科医院 (Hospital for Special Surgery, HSS) 评分评价膝关节功能。**结果** 手术时间 35~60 min, (55.6±4.4) min。术中出血量 10~50 ml, (20.6±9.2) ml。骨折均 I 期临床愈合, 愈合时间 8~12 周, (10.5±1.3) 周。25 例随访 12~36 个月, (16.5±4.1) 月。胫骨平台关节面塌陷距离由术前 (9.2±2.2) mm 恢复至术后第 2 天及术后 1 年 (1.0±0.4)、(1.1±0.1) mm (均 $P=0.000$); PSA 由术前 21.2°±2.1°恢复至术后第 2 天 8.9°±0.9°和术后 1 年 9.2°±0.6° (均 $P=0.000$); Rasmussen 解剖评分由术前 (7.8±1.8) 分恢复至术后第 2 天 (17.1±1.0) 分和术后 1 年 (16.3±0.7) 分 (均 $P=0.000$)。与术后第 2 天比较, 术后 1 年胫骨平台关节面塌陷距离、胫骨平台 PSA 及 Rasmussen 解剖评分差异无统计学意义 (均 $P>0.05$)。术后 1 年 HSS 评分 (94.8±3.2) 分, 明显高于术后第 2 天 (76.8±3.5) 分 ($t=18.713, P=0.000$)。**结论** 经胫骨隧道复位联合 Jail 螺钉技术固定治疗孤立性胫骨平台后外侧塌陷骨折临床疗效满意, 可避免继发性的关节面塌陷发生。

【关键词】 胫骨平台骨折; 后外侧骨折; Jail 螺钉技术; 骨折固定术

文献标识:A 文章编号:1009-6604(2022)12-0945-07

doi:10.3969/j.issn.1009-6604.2022.12.004

Treatment of Isolated Posterolateral Tibial Plateau Collapse Fractures With Minimally Invasive Reduction and Jail Screw Fixation Technique Kong Xiangru, Jiang Wei, Shan Yuzhou, et al. Department of Orthopedics, Suqian Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University, Suqian Hospital of Nanjing Drum Tower Hospital Group, Suqian 223800, China

Corresponding author: Kong Xiangru, E-mail: xiangrukong@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the clinical efficacy of minimally invasive reduction through bone tunnel combined with Jail screw fixation technique for the treatment of isolated posterolateral tibial plateau collapse fractures. **Methods** A retrospective analysis was made on clinical data of 25 patients who were diagnosed as having isolated posterolateral tibial plateau collapse fractures from October 2016 to October 2020. The Mimics20.0 software was used for preoperative planning. All the patients were treated by cannulated rammer in tibial tunnel to reduce the collapsed fractures, and the tibial plateau posterolateral fractures were fixed with the Jail screws. The articular surface collapse distance, posterior slope angle (PSA) and the Rasmussen anatomical score of the tibial plateau were compared among before operation, on the second day after operation and one year after operation. The knee joint function was evaluated by the Hospital for Special Surgery (HSS) score on the second day after operation and one year after operation. **Results** The operation time was 35-60 min (mean, 55.6±4.4 min). The amount of bleeding was 10-50 ml (mean, 20.6±9.2 ml). Bone primary healing was achieved within 8-12 weeks (mean, 10.5±1.3 weeks). All the 25 patients were followed up for

* 通讯作者, E-mail: xiangrukong@163.com

12–36 months (mean, 16.5 ± 4.1 months). The collapse distance of articular surface recovered from (9.2 ± 2.2) mm before operation to (1.0 ± 0.4) mm on the second day after surgery and to (1.1 ± 0.1) mm at 1 year after operation (all $P = 0.000$). The PSA recovered from $21.2^\circ \pm 2.1^\circ$ before operation to $8.9^\circ \pm 0.9^\circ$ on the second day after surgery and to $9.2^\circ \pm 0.6^\circ$ at 1 year after operation (all $P = 0.000$). The Rasmussen anatomical scores recovered from preoperative (7.8 ± 1.8) points to (17.1 ± 1.0) points on the second postoperative day and to (16.3 ± 0.7) points 1 year after operation (all $P = 0.000$). Compared with the second day after operation, there were no significant differences in the articular surface collapse distance, posterior inclination angle and the Rasmussen anatomical scores of the tibial platform at 1 year after operation (all $P > 0.05$). The HSS scores at 1 year after surgery (94.8 ± 3.2 points) were statistically higher than those on the second day after surgery (76.8 ± 3.5 points; $t = 18.713$, $P = 0.000$).

Conclusion The Jail screw fixation technique through the bone tunnel can achieve satisfactory clinical efficacy for the treatment of isolated tibial plateau posterolateral collapse fractures, which can avoid secondary articular surface collapse.

【Key Words】 Tibial plateau fracture; Posterolateral fracture; Jail screw technique; Fracture fixation

孤立性胫骨平台后外侧骨折是指累及到胫骨后外髁外 1/3 的骨折,是较少见的骨折类型,发生率占所有胫骨平台骨折 7% ~ 14%^[1,2]。随着三维计算机断层扫描技术的不断发展,确诊率明显提高^[3]。由于该骨折部位的特殊性,不属于常用的胫骨平台 Schatzker 分型的任何一种^[4]。严格意义上来讲,孤立性胫骨平台后外侧骨折应属于 Schatzker 分型 II 型中的一种特殊类型,在 2018 版 AO 分型中属于 41B3.1(u) 或 B2.1(u) 型^[5]。由于传统 Schatzker 分型是基于膝关节正侧位 X 线的骨折形态划分,忽视了胫骨平台后侧骨折的重要性,临床工作中极易漏诊。目前,对于此种骨折多采用传统手术,如截骨或切开后外侧复合体,辅助使用桡骨远端塑形的 T 型钢板、重建板,以及新型设计的后外侧钢板,弊端为广泛软组织切开、暴露、剥离,手术创伤大,血管神经损伤(腓总神经)风险性高,术后相关并发症发生率较高^[6~8]。如何选择最佳手术入路,保持关节面平整及内固定稳定,学者们仍在进行广泛的讨论。2016 年 10 月~2020 年 10 月我们采用一种微创复位内固定方式,术中透视下经胫前骨隧道微创复位胫骨平台后外侧塌陷骨折,联合 Jail 螺钉内固定技术治疗 25 例孤立性胫骨平台后外侧塌陷骨折,报道如下。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本组 25 例,男 15 例,女 10 例。年龄 35 ~ 55 岁,平均 48.6 岁。患肢膝关节疼痛肿胀伴活动受限。左侧 13 例,右侧 12 例。致伤原因:交通伤 14 例,高处坠落伤 7 例,摔伤 4 例。均为新鲜损伤,受伤到手术时间 2 ~ 6 d,平均 3.5 d。X 线联合 CT 提

示胫骨平台后外侧骨折。6 例合并腓骨头或颈部无移位骨折,2 例合并内侧副韧带损伤。所有患者无手术史或慢性病史。

病例选择标准:①外伤后膝关节后外侧疼痛、活动受限,后外侧局部压痛、肢体纵向叩击痛阳性,无下肢麻木、肌力减退等,影像学检查确诊为新鲜闭合性胫骨后外侧平台塌陷骨折;②关节面塌陷或分离 > 3 mm;③未合并需急诊处理的患肢血管神经损伤;④伤前膝关节功能正常;⑤可耐受手术及麻醉。排除标准:①开放性胫骨平台骨折;②不完全骨折,无移位骨折,塌陷 < 3 mm 骨折;③骨折累及前外侧髁、内髁、干骺端及后外侧壁;④陈旧性骨折;⑤严重骨关节病合并膝内、外翻畸形;⑥合并血管神经损伤或骨筋膜室综合征;⑦麻醉风险高,预后要求低或有手术禁忌证。

1.2 方法

1.2.1 术前准备 术前使用 Mimics 20.0 软件对患者膝关节 CT 平扫数据进行建模,测量好骨道角度、深度、螺钉位置、长度、方向,为术中操作做参考,见图 1。术前给予抬高制动、消肿、止痛、抗凝等治疗,肿胀减轻后手术治疗。

1.2.2 手术方法 所有手术均为同一组手术医生完成。硬膜外麻醉(7 例)或全身麻醉(18 例),仰卧位。膝关节物理检查评估膝关节稳定性。患侧膝关节垫高约 30° ,均未使用下肢止血带。C 形臂 X 线机正、侧位双平面透视下在胫骨平台关节面下方约 5 ~ 8 cm 处将 2.5 mm 克氏针钻孔定位至胫骨后外侧平台塌陷骨折下方,胫骨前内侧依照克氏针周围骨皮质开窗,开窗时将部分皮质骨及松质骨沿克氏针取出建立直径约 10 mm 深约 5 cm 骨隧道,使用空心顶棒顺克氏针轻轻锤击,通过连续透视观察胫

骨平台后外侧塌陷关节面逐步抬升,确认塌陷骨折完全复位后,骨隧道内填充适量同种异体骨植骨,并将取出的自体骨植在同种异体骨内侧,明胶海绵止血并封闭骨道。在胫骨近端前外侧做 2 个 1 cm 小切口,透视下在平台塌陷区下方先横向平行钻孔,置入 2 枚合适长度 3.5 mm 锁定螺钉,将螺钉尾部分埋入骨皮质,紧贴 2 枚螺钉上方或者下方适当位置用 2.5 mm 或 3.0 mm 克氏针垂直于平行螺钉于矢状位方向钻孔,测量长度,置入 1~2 枚 3.5 mm 锁定螺钉,注意固定螺钉方向与胫骨平台后倾角 (posterior slope angle, PSA) 一致,避免螺钉误入关节腔内。C 形臂 X 线机透视下见塌陷平台复位及固定满意。冲洗切口直接缝合皮肤。弹力绷带适度加压包扎。本组使用的内固定器械均为创生医疗器械(中国)有限公司。

1.2.3 术后处理 术后未使用抗生素预防切口感染。术后第 2 天开始使用低分子肝素抗凝,踝泵运动等综合措施预防下肢深静脉血栓;术后患肢抬高,伤肢使用弹力绷带固定 1~2 周,按照“早活动,晚负重”的原则即刻行膝关节周围肌肉等长等张功能锻炼(6 例合并腓骨头颈骨折,2 例内侧副韧带损伤给予可调节角度支具保护 6 周),根据术后复查骨折愈合情况决定是否负重,一般在术后 6 周后部分负重,术后 3 个月开始逐渐完全负重。

1.3 观察指标

术后第 2 天完善膝关节 X 线、CT 检查了解骨折复位及内固定位置情况;术后连续 3 个月,以后每 6 个月 X 线评价骨折愈合情况;术后 1 年行 X 线、CT 检查明确关节面有无继发性塌陷存在。PSA 为胫骨平台切线和与胫骨解剖轴的垂直线所形成的夹角,通过 PACS 系统自带软件测得。术后第 2 天即时观察手术对胫骨平台 PSA 的恢复效果,术后 1 年胫骨平台 PSA 由于负重压缩,角度已趋于稳定。关节面塌陷距离为

膝关节侧位 X 线片从胫骨平台前方正常关节面向后做延长线,后外侧骨块塌陷最深的地方向延长线做垂线测得的数据,通过 PACS 系统自带软件测得。

末次随访按 Rasmussen 解剖评分标准^[9],从关节面塌陷、髁部变宽、成角畸形程度 3 方面评分,每项各 6 分,总分为 18 分,优 18 分,良 12~17 分,差 <12 分。膝关节功能评价采用美国特种外科医院 (Hospital for Special Surgery, HSS) 评分标准^[10]: 满分 100 分,包括疼痛 30 分,功能 22 分,活动度 18 分,肌力 10 分,屈曲畸形 10 分,稳定性 10 分,≥85 分为优,70~84 分为良,60~69 分为可,≤59 分为差。

1.4 统计学处理

采用 SPSS20.0 统计学软件进行数据分析。采用 Shapiro-Wilk 法对数据进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,术前后不同时点比较采用重复测量方差分析,有差异两两比较采用 LSD 检验。双侧检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

手术时间 35~60 min, (55.6 ± 4.4) min。术中出血量 10~50 ml, (20.6 ± 9.2) ml。骨折均 I 期临床愈合,愈合时间 8~12 周, (10.5 ± 1.3) 周。25 例随访 12~36 个月, (16.5 ± 4.1) 月。术前后胫骨平台关节面塌陷距离、胫骨平台 PSA、Rasmussen 解剖评分差异均有显著性 ($P < 0.05$);与术后第 2 天比较,术后 1 年胫骨平台关节面塌陷距离、胫骨平台 PSA 及 Rasmussen 解剖评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 1 年 HSS 评分明显高于术后第 2 天 ($P = 0.000$),见表 1。术后 1 年 Rasmussen 解剖评分平均 16.3 分 (14~18 分),优 4 例,良 21 例;术后 1 年 HSS 评分平均 94.8 分 (81~100 分),优 24 例,良 1 例。典型病例见图 2。

表 1 25 例术前后关节面塌陷距离、胫骨平台 PSA、Rasmussen 解剖评分和 HSS 评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

时间	关节面塌陷距离 (mm)	胫骨平台 PSA (°)	Rasmussen 解剖评分 (分)	HSS 评分 (分)
术前①	9.2 ± 2.2	21.2 ± 2.1	7.8 ± 1.8	-
术后第 2 天②	1.0 ± 0.4	8.9 ± 0.9	17.1 ± 1.0	76.7 ± 3.5
术后 1 年③	1.1 ± 0.1	9.2 ± 0.6	16.3 ± 0.7	94.8 ± 3.2
<i>t</i> (<i>F</i>) 值	<i>F</i> = 165.728	<i>F</i> = 539.500	<i>F</i> = 278.348	<i>t</i> = 18.713
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>P</i> ₁₋₂ 值	0.000	0.000	0.000	
<i>P</i> ₁₋₃ 值	0.000	0.000	0.000	
<i>P</i> ₂₋₃ 值	1.000	1.000	0.097	

PSA:后倾角;HSS:特种外科医院

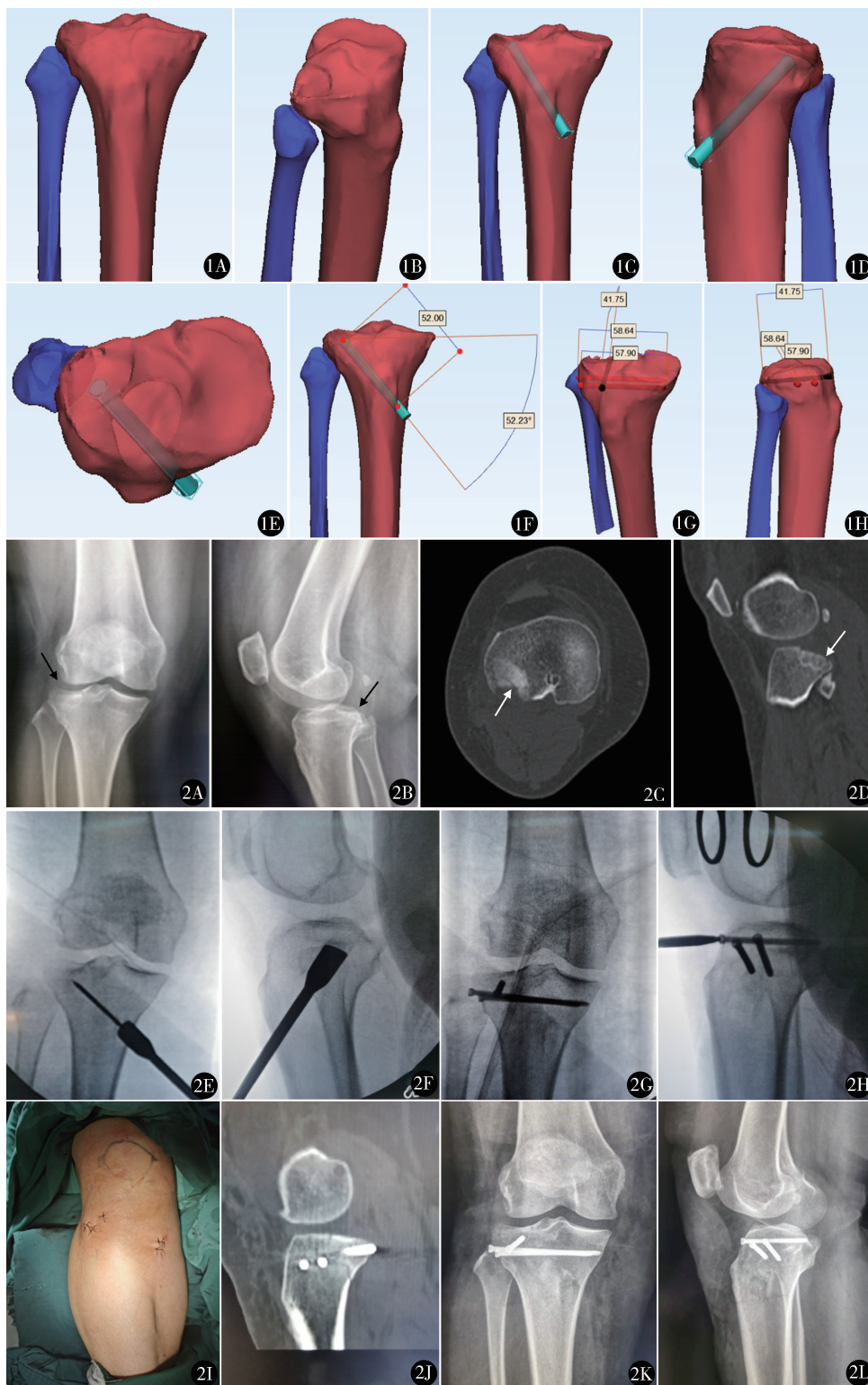


图1 A,B. 导入患者胫骨平台 CT 数据 (DICOM 格式), 通过 Mimics20.0 软件进行三维重建; C~E. 模拟术后外侧平台骨折复位过程; 通过软件自带的测量工具测量隧道长度、角度 (F) 和螺钉长度 (G,H) 图2 女, 57 岁, 骑电动车摔伤; 术前膝关节正、侧位 X 线片 (A,B) 及 CT 轴位、冠状位、矢状位 (C,D) 提示右侧胫骨平台后外侧塌陷骨折; E~H. C 形臂 X 线机透视下微创复位联合 Jail 螺钉固定胫骨平台后外侧骨折过程; I. 术后外观见小腿远端切口情况; J. 术后 1 年 CT 轴位示胫骨平台后外侧骨折复位满意, 固定牢固; K,L. 术后 3、6、9 个月术后 X 线变化不明显, 术后 1 年膝关节正、侧位 X 线片示骨折愈合良好, Jail 螺钉在位, 关节面无塌陷

3 讨论

3.1 孤立性胫骨后外侧平台塌陷骨折的治疗难点

孤立性胫骨后外侧平台骨折多发于青壮年人群,受伤机制为膝关节屈曲位外翻和轴向暴力作用于膝关节后外侧,股骨髁撞击胫骨平台后外髁,导致胫骨后外侧平台在冠状面上劈裂。若未及时治疗,胫骨平台会逐渐塌陷,最终引发膝关节慢性疼痛和屈曲不稳,因此,这种类型损伤在临床上越来越受关注^[11]。

胫骨平台后外侧解剖结构复杂,受腓骨头的遮挡,如何在复位固定骨折的同时又不损伤外侧副韧带、后外侧复合体、腓总神经等重要组织一直是业内的难题,因此,胫骨平台后外侧骨折也被称为“最难治疗的骨折之一”。纠正下肢力线和重建平台关节面是手术的主要目标^[12,13]。目前,常用的手术入路包括后外侧 Carlson 入路^[14]、改良后侧入路^[15]、侧卧位 Frosch 入路^[16]、后内侧入路^[17]、腓骨头上入路^[18,19]等。上述入路多针对合并后外侧骨折的复杂胫骨平台骨折,对于孤立性胫骨后外侧平台塌陷骨折并不合适。孤立性胫骨后外侧平台骨折由于周围皮质骨完整,如需要直接暴露骨折端无论何种入路均需要进行截骨,增加手术创伤及并发症发生的风险。随着对膝关节解剖结构研究的深入,手术理念的不断提高,微创治疗被认为是解决这一难题的最佳方法^[20]。Giannetti 等^[21]通过顶棒逐渐敲击翻转塌陷骨块来重建胫骨平台关节面;亢世杰等^[22]通过双反牵引及顶棒或翘拨技术复位胫骨平台后内及后外侧塌陷骨折;郑占乐等^[23]经胫前隧道推顶和排筏固定复位胫骨平台塌陷骨折,均达到了微创治疗的效果。也有学者^[24,25]通过关节镜辅助微创复位固定,无论影像学还是功能评估均取得良好的结果,但对于创伤外科医生来说,需要配合熟练的关节镜技术,学习曲线较长^[26,27]。本研究 25 例通过微创复位联合 Jail 螺钉技术进行治疗,术后复查 X 线胫骨平台后倾角及 CT 关节面塌陷距离均有很大改善,手术疗效满意。

3.2 Jail 螺钉技术

继发性关节面塌陷是影响塌陷型胫骨平台骨折远期疗效的主要因素,选择合适的内固定方式有利于减少继发性关节面塌陷可能。Jail 螺钉技术最早

由 Petersen 等^[28,29]2006 年提出,其“立体框架结构”具有良好的固定支撑作用。随着这项技术的不断发展,手术方式也越来越多。Vauclair 等^[30]2015 年描述一种经皮微创“干骺端胫骨水平螺钉”技术治疗 Schatzker II、III 型胫骨平台骨折,实际上也属于 Jail 螺钉技术。生物力学测试研究表明^[31~35],在胫骨外侧平台骨折重建术中,Jail 螺钉技术是一种微创技术,螺钉具有良好的生物力学性能,且可以防止从松质骨中切出,Jail 螺钉联合复位后骨缺损处植骨能够避免术后继发性的复位丢失,同时在承受轴向载荷时能保持足够的稳定性,可以替代传统螺钉技术。

本组术后第 2 天、术后 1 年复查 X 线胫骨平台外侧 PSA 分别为 $8.9^{\circ} \pm 0.9^{\circ}$ 、 $9.2^{\circ} \pm 0.6^{\circ}$,与术前 ($21.2^{\circ} \pm 2.1^{\circ}$) 比较明显减小(均 $P=0.000$)。术后第 2 天、术后 1 年关节面塌陷距离 [(1.0 ± 0.4) 、 (1.1 ± 0.1) mm] 与术前 [(9.2 ± 2.1) mm] 比较明显减少(均 $P=0.000$),提示此法可有效复位。术后第 2 天与术后 1 年 Rasmussen 解剖评分、胫骨平台 PSA、胫骨平台外侧关节面塌陷距离比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),随访过程中未出现关节面继发性塌陷,术后随访 HSS 评分优良率 100% (25/25),取得良好的临床效果。

3.3 经骨隧道微创闭合复位 Jail 螺钉固定治疗的优缺点

优点:①患者仰卧位利于术中对下肢力线的判断;②无需使用止血带,减少止血带不良反应;③术中使用专用空心顶棒在克氏针引导下复位骨折,能够精准复位,防止位置偏差;④切口小,出血少,对关节周围重要结构干扰少;⑤内固定仅使用 3~4 枚锁定螺钉,费用较常规手术明显减少,且螺钉对皮肤软组织刺激小,降低并发症发生率;⑥术后 3 d 即可出院,缩短患者住院时间,减少患者治疗费用;⑦Jail 螺钉固定强度足够满足早期活动要求,术后即可按照“早活动,晚负重”的原则进行功能康复,符合快速康复外科理念^[36]。实际操作中也存在一些缺点:①需要在 C 形臂 X 线机下反复透视膝关节正、侧位,定位准确后方可进一步操作,一旦定位不准确会出现异常复位,或复位不完全;②透视次数较常规手术偏多,需要注意放射线防护;③在钻孔及置入 Jail 螺钉时,有出现损伤螺钉及钻头断裂的可能,需要一

定的手术技巧。

为减少手术并发症更好地恢复膝关节功能,我们建议:①术前使用 Mimics20.0 软件进行术前规划,为术中操作做参考,减少手术中不必要的透视;②术中置膝关节屈曲 30°位,透视时球管需平行于关节线,以便更好的观察关节面复位情况;③使用空心顶棒捶击复位时要随时透视观察,必要时需要调整方向,避免关节面异常复位或复位不全;④术中膝正侧位透视明确关节面下螺钉置入方向及角度,置入 Jail 螺钉前先使用 2.5 mm 或 3.0 mm 光滑克氏针沿既定方向钻出钉道,可以避免螺钉损伤及钻头断裂,要确保螺钉一次性置入成功,避免反复调整螺钉造成内固定物力学性能降低;⑤螺钉长度要合适,既不能过长引起软组织刺激或血管神经损伤,又要达到双侧皮质骨,确保良好的支撑固定效果,本研究应用 Mimics20.0 软件对螺钉长度进行测量,提高置钉的准确性;⑥胫骨骨隧道内植骨要充分,本组均采用同种异体骨植骨,避免取骨并发症。胫骨开窗时将部分皮质骨及松质骨沿克氏针取出建立骨隧道,取出的自体骨植在同种异体骨内侧,可减少异体骨反应。本组均未发生切口并发症。

本研究存在几点不足:①在透视下完成关节面的复位固定,存在部分关节面复位不良无法发现及处理的可能,远期治疗效果仍待观察。②使用微创复位 Jail 螺钉技术治疗 25 例胫骨平台后外侧塌陷骨折,短期疗效显著,但尚缺乏长期随访支持。③样本量少。本研究显示经胫骨隧道复位联合 Jail 螺钉技术是治疗孤立性胫骨平台后外侧塌陷骨折的有效方法,具有创伤小,出血少,恢复快等特点,术后临床疗效满意,可避免继发性的关节面塌陷发生,有望成为治疗孤立性胫骨平台后外侧塌陷骨折的新方法。

参考文献

- Zhai Q, Luo C, Zhu Y, et al. Morphological characteristics of split-depression fractures of the lateral tibial plateau (Schatzker type II): a computer-tomography-based study. *Int Orthop*, 2013, 37 (5): 911 - 917.
- 罗从风,胡承方,高洪,等.基于 CT 的胫骨平台骨折的三柱分型. *中华创伤骨科杂志*, 2009, 11 (3): 201 - 205.
- Yang G, Zhai Q, Zhu Y, et al. The incidence of posterior tibial plateau fracture: an investigation of 525 fractures by using a CT-

- based classification system. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2013, 133 (7): 929 - 934.
- 储旭东,谢友洋,徐瑞生,等.胫骨平台后外侧髁骨折手术治疗的改良方法及临床应用. *创伤外科杂志*, 2021, 23 (6): 446 - 450.
- Kfuri M, Schatzker J. Revisiting the Schatzker classification of tibial plateau fractures. *Injury*, 2018, 49 (12): 2252 - 2263.
- Ren D, Liu Y, Chen Y, et al. A novel method of the treatment for posterolateral tibial plateau fractures. *J Knee Surg*, 2020, 33 (10): 1010 - 1019.
- 任伟志,张文,彭建,等.胫骨平台后外侧骨折新型接骨板的生物力学研究. *中华实验外科杂志*, 2021, 38 (12): 2461 - 2464.
- 邵佳申,郑占乐,吕红芝,等.双反牵引微创治疗后外侧胫骨平台骨折的疗效分析. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2017, 3 (5): 302 - 305.
- Rasmussen PS. Tibial condylar fractures. Impairment of knee joint stability as an indication for surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am*, 1973, 55 (7): 1331 - 1350.
- Stupik A, Biatoszewski D. A comparative analysis of the clinical utility of the Staffelein-score and the hospital for special surgery knee score (HSS) in monitoring physiotherapy of total knee replacement patients-preliminary study. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2009, 11 (1): 37 - 45.
- 侯传勇,刘新晖.改良前外侧入路锁定钢板内固定治疗孤立性后外侧胫骨平台骨折疗效分析. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35 (6): 629 - 630.
- Prat-Fabregat S, Camacho-Carrasco P. Treatment strategy for tibial plateau fractures: an update. *EFORT Open Rev*, 2017, 1 (5): 225 - 232.
- Rudran B, Little C, Wiik A, et al. Tibial plateau fracture: Anatomy, diagnosis and management. *Br J Hosp Med (Lond)*, 2020, 81 (10): 1 - 9.
- Carlson DA. Posterior bicondylar tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*, 2005, 19 (2): 73 - 78.
- 魏学忠,卢士学,王松,等.改良后侧入路手术治疗胫骨平台后外侧骨折. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (4): 346 - 349.
- 肖飞,焦竞,黄玉成,等.侧卧位 Frosch 入路治疗胫骨平台后外侧骨折. *中华实验外科杂志*, 2021, 38 (4): 759 - 761.
- 高先亨,朱爱祥,许兴柏,等.后内侧入路Ⅲ型中 T 型锁定板内固定治疗胫骨平台后外侧骨折. *临床骨科杂志*, 2021, 24 (3): 435 - 438.
- 宋虎,左照光,孙再杰,等.腓骨头上入路外侧胫骨平台截骨结合外侧锁定钢板治疗单纯胫骨平台后外侧骨折. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21 (2): 166 - 169.
- Hu S, Chen S, Chang S, et al. Treatment of isolated posterolateral tibial plateau fracture with a horizontal belt plate through the anterolateral supra-fibular-head approach. *Biomed Res Int*, 2020: 4186712.
- 刘兆杰,贾健,胡永成,等.胫骨后外侧平台骨折手术入路及内

- 固定方式的研究进展. 中华创伤杂志, 2019, 35(4): 368 – 376.
- 21 Giannetti S, Bizzotto N, Stancati A, et al. Minimally invasive fixation in tibial plateau fractures using an pre-operative and intra-operative real size 3D printing. *Injury*, 2017, 48(3): 784 – 788.
- 22 亢世杰, 胡义明, 鲍飞龙, 等. 双反牵引、微创复位及 raft 技术治疗后内及后外侧胫骨平台骨折. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2018, 4(5): 261 – 265.
- 23 郑占乐, 连晓东, 王 博, 等. 经胫前隧道推顶复位胫骨平台塌陷骨折. 中华创伤骨科杂志, 2020, 22(8): 693 – 697.
- 24 Yang Y, Zhou X, Ji H, et al. A novel arthroscopically assisted reduction technique for three patterns of posterolateral tibial plateau fractures. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 376.
- 25 翟 生, 黄 涛. 关节镜辅助与切开复位钢板内固定治疗 Schatzker I ~ V 型胫骨平台骨折的比较. 中国微创外科杂志, 2020, 20(10): 901 – 905.
- 26 Liang J, Zhang Q, Liu P, et al. Arthroscopic-assisted inflatable bone tamp reduction for treatment of posterolateral tibial plateau fractures. *Injury*, 2018, 49(11): 2061 – 2067.
- 27 Greimel F, Weber M, Renkawitz T, et al. Minimally invasive treatment of tibial plateau depression fractures using balloon tibioplasty: Clinical outcome and absorption of bioabsorbable calcium phosphate cement. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2020, 28: 2309499020908721.
- 28 Petersen W, Zantop T. Tibial head fracture open reposition and osteosynthesis-arthroscopic reposition and osteosynthesis (ARIF). *Unfallchirurg*, 2006, 109(3): 235 – 244.
- 29 Petersen W, Zantop T. Fracture of the tibial head fracture. *Der Unfallchirurg*, 2006, 109(3): 219 – 234.
- 30 Vauclair F, Almasri M, Gallusser N, et al. Metaphyseal tibial level (MTL) screws: a modified percutaneous technique for lateral plateau depression fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2015, 25: 963 – 967.
- 31 张 玺, 孙 杰, 李方国, 等. 交叉排钉技术对防止胫骨外侧平台骨折术后关节面塌陷的价值. 中华骨科杂志, 2018, 38(15): 897 – 904.
- 32 Weimann A, Heinkele T, Herbert M, et al. Minimally invasive reconstruction of lateral tibial plateau fractures using the jail technique: a biomechanical study. *BMC Musculoskelet Disord*, 2013, 14(4): 120.
- 33 Solomon LB, Stevenson AW, Lee YC, et al. Posterolateral and anterolateral approaches to unicondylar posterolateral tibial plateau fractures: a comparative study. *Injury*, 2013, 44(11): 1561 – 1568.
- 34 Moran E, Zderic I, Klos K, et al. Reconstruction of the lateral tibia plateau fracture with a third triangular support screw: A biomechanical study. *J Orthop Translat*, 2017, 11(3): 30 – 38.
- 35 Doht S, Lehnert T, Frey S, et al. Effective combination of bone substitute and screws in the jail technique: a biomechanical study of tibial depression fractures. *Int Orthop*, 2012, 36(10): 2121 – 2125.
- 36 毛玉江, 刘亚波, 李 庭, 等. 加速康复外科理念下胫骨平台骨折诊疗方案优化的专家共识. 中华创伤骨科杂志, 2020, 22(10): 829 – 840.

(收稿日期: 2022 – 04 – 21)

(修回日期: 2022 – 10 – 06)

(责任编辑: 李贺琼)