·论 著·

基于TT-TG间距分层比较2种术式治疗复发性髌骨脱位的效果分析

张 合，李江涛，兰志恒，张昭军，焦勇强，韩守江*
（华北医疗健康集团峰峰总医院邯郸院区关节一科，河北 邯郸 056000）

［摘要］ **目的** 比较内侧髌股韧带重建术（medial patellofemoral ligament reconstruction，MPFLR）联合胫骨结节移位术（tibial tuberosity transfer，TTT）与单独MPFLR治疗不同胫骨结节—滑车沟（tibial tuberosity-trochlear groove，TT-TG）距离复发性髌骨脱位患者的临床与影像学疗效，明确TTT的手术指征。**方法** 回顾性纳入2018年1月—2024年1月华北医疗健康集团峰峰总医院邯郸院区收治的复发性髌骨脱位患者154例，按术式分为单独MPFLR组（90例）与MPFLR＋TTT组（64例），并按术前TT-TG距离分为15～20 mm、20～25 mm和＞25 mm 3个亚组。术后随访至少2年，采用Kujala、Lysholm和国际膝关节文献委员会（International Knee Documentation Committee，IKDC）主观膝关节评估量表评估膝关节功能，视觉模拟量表（visual analogue scale，VAS）评估疼痛程度，测量TT-TG距离、髌骨倾斜角（patellar tilt angle，PTA）和髌骨适合角（patellar congruence angle，PCA），并记录手术失败及并发症发生情况。**结果** 在整体队列中，单独MPFLR组与MPFLR＋TTT组术后Kujala、Lysholm、IKDC和VAS评分以及PTA和PCA均较术前显著改善（$P<0.05$），但术前和术后2组各指标比较差异无统计学意义（$P>0.05$）。单独MPFLR组与MPFLR＋TTT组手术失败率（5.56% *vs.* 4.69%）和并发症发生率（3.33% *vs.* 6.25%）比较差异无统计学意义（$P>0.05$）。亚组分析显示，TT-TG距离为15～25 mm时，2组术后Kujala、Lysholm、IKDC和VAS评分以及PTA和PCA比较差异无统计学意义（$P>0.05$）；TT-TG距离＞25 mm时，MPFLR＋TTT组术后临床功能评分和髌股对位情况显著优于单独MPFLR组（$P<0.05$）。**结论** 对于TT-TG距离为15～25 mm的复发性髌骨脱位患者，术后2年随访时单独MPFLR与MPFLR联合TTT治疗可获得相似且良好的临床及影像学疗效；在TT-TG距离＞25 mm的患者中，MPFLR联合TTT的临床功能改善与髌股对位矫正效果优于单独MPFLR。本研究结果提示在TT-TG距离＞25 mm的复发性髌骨脱位患者中可考虑联合TTT以获得更好的临床疗效，但本研究结论受回顾性设计及单中心样本限制，尚需多中心、前瞻性随机对照研究进一步验证。

［关键词］ 髌骨脱位；胫骨结节—滑车沟距离；内侧髌股韧带重建术 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2026.09.013
［中图分类号］ R684.76 ［文献标志码］ A ［文章编号］ 1007-3205(2026)09-1092-10

Outcomes of two surgical techniques for recurrent patellar dislocation stratified by TT-TG distance

ZHANG He, LI Jiang-tao, LAN Zhi-heng, ZHANG Zhao-jun, JAO Yong-qiang, HAN Shou-jiang*
(*First Department of Joint Medicine, Handan Branch of Fengfeng General Hospital, North China Medical Health Group, Hebei Province, Handan* 056000, *China*)

［**Abstract**］ **Objective** To compare the clinical and radiological outcomes of medial patellofemoral ligament reconstruction (MPFLR) combined with tibial tuberosity transfer (TTT) versus MPFLR alone in patients with recurrent patellar dislocation (RPD) stratified by different tibial tuberosity-trochlear groove (TT-TG) distances, and to clarify the surgical indication for TTT. **Methods** A total of 154 patients with RPD treated at the Handan Branch of Fengfeng General Hospital, North China Medical Health Group, from January 2018 to January 2024 were retrospectively enrolled. They were divided into an MPFLR alone group (n=90) and an MPFLR+TTT group (n=64) according to the surgical procedure, and further stratified into three subgroups based on preoperative TT-TG distance: 15—20 mm, 20—25 mm, and >25 mm. All patients were followed up for at least 2 years postoperatively.

［收稿日期］2026－06－21
［基金项目］河北省医学科学研究课题计划项目（20221559）
［作者简介］张合（1977－），男，河北唐山人，华北医疗健康集团峰峰总医院邯郸院区副主任医师，医学硕士，从事骨外科疾病诊治研究。
*通信作者。E-mail:354998001@qq.com

Knee function was assessed using the Kujala, Lysholm, and International Knee Documentation Committee (IKDC) subjective knee evaluation scores. Pain was evaluated with the visual analogue scale (VAS). Radiological parameters including TT-TG distance, patellar tilt angle (PTA), and patellar congruence angle (PCA) were measured. Surgical failure and complications were also recorded. **Results** In the overall cohort, both MPFLR alone group and MPFLR+TTT group showed significant improvements in postoperative Kujala, Lysholm, IKDC, and VAS scores, as well as in PTA and PCA compared with preoperative values (all $P<0.05$), but there were no significant differences between the two groups before and after surgery (all $P>0.05$). The failure rate (5.56% *vs.* 4.69%) and complication rate (3.33% *vs.* 6.25%) did not differ significantly between the MPFLR alone group and the MPFLR+TTT group (both $P>0.05$). Subgroup analysis revealed that for patients with TT-TG distances of 15—25 mm, there were no significant differences between the two groups in postoperative Kujala, Lysholm, IKDC, VAS, PTA, or PCA (all $P>0.05$). However, in the subgroup with TT-TG >25 mm, the MPFLR+TTT group demonstrated significantly better postoperative clinical functional scores and patellofemoral alignment than the MPFLR alone group (all $P<0.05$). **Conclusion** For patients with RPD and a TT-TG distance of 15—25 mm, MPFLR alone and MPFLR combined with TTT yield comparable and good clinical and radiological outcomes at 2-year follow-up. In patients with TT-TG >25 mm, MPFLR+TTT provides superior clinical functional improvement and patellofemoral alignment correction compared with MPFLR alone. These findings suggest that TTT may be considered in patients with a TT-TG distance >25 mm to achieve better clinical outcomes. However, owing to the retrospective design and single-center sample, the conclusions warrant further validation in multicenter, prospective randomized controlled trials.

[**Key words**] patellar dislocation; tibial tuberosity-trochlear groove distance; medial patellofemoral ligament reconstruction

髌骨脱位是好发于儿童及青少年人群的运动系统损伤，不仅会导致患者伸屈膝功能障碍、运动恐惧及膝前疼痛，还可造成髌股关节软骨损伤，显著增加远期髌股关节炎的发生风险[1-2]。胫骨结节—滑车沟（tibial tuberosity-trochlear groove，TT-TG）距离增大是髌骨脱位重要的骨性危险因素之一，会改变髌股关节力线，破坏髌股关节运动稳定性[3-4]。目前，胫骨结节移位术（tibial tuberosity transfer，TTT）是矫正TT-TG距离增大的主要术式，但该术式能否增强内侧髌股韧带重建术（medial patellofemoral ligament reconstruction，MPFLR）治疗TT-TG距离增大的复发性髌骨脱位患者的临床疗效仍存在争议。部分研究[5-7]表明，MPFLR联合TTT与单独MPFLR的术后疗效无明显差异，无需额外增加骨性手术；而另一些研究[8-11]则持相反观点，认为MPFLR联合TTT可改善髌股关节力线，减轻髌股关节应力，降低手术翻修率。现有研究结论不一致的原因较为复杂，其中关键因素之一在于TT-TG距离的手术阈值尚未统一，目前文献[6]报道的手术临界值范围为15～25 mm。因此，依据TT-TG距离进行亚组分层，探究不同手术阈值下MPFLR联合TTT的临床疗效，具有重要的手术指导意义。本研究旨在比较MPFLR联合TTT与单独MPFLR治疗不同TT-TG距离的复发性髌骨脱位患者的临床和影像学疗效。本研究假设联合TTT并非对所有TT-TG增大的患者均有益，仅在TT-TG距离超过某一阈值时，其疗效才显著优于单独MPFLR。现报告如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　回顾性分析2018年1月—2024年1月在华北医疗健康集团峰峰总医院邯郸院区接受手术治疗的复发性髌骨脱位患者154例的病历资料。纳入标准：①至少发生2次髌骨脱位；②TT-TG距离>15 mm；③接受单独MPFLR或MPFLR联合TTT治疗；④骨骼发育成熟；⑤术后至少随访2年，且影像学及临床数据完整。排除标准：①先天性或习惯性髌骨脱位；②同时接受其他类型手术治疗，如滑车成形术、胫骨结节远端移位术和股骨远端去旋转截骨术；③合并韧带损伤（除内侧髌股韧带）；④膝关节既往手术史；⑤膝关节既往创伤史；⑥重度髌股关节炎（Kellgren-Lawrence分级≥3级）；⑦失访或数据缺失。在初始筛选的231例患者中符合上述标准患者154例。根据术式不同，将患者分为单独MPFLR组（90例）和MPFLR+TTT组（64例）。为明确MPFLR联合TTT在不同TT-TG距离下的疗效差异，结合TT-TG距离影像分层标准（TT-TG距离<15 mm为正常，15～20 mm为临界，>20 mm

为异常），根据术前TT-TG距离将每组患者分为3个亚组：15 mm＜TT-TG距离≤20 mm、20 mm＜TT-TG距离≤25 mm和TT-TG距离＞25 mm[12-13]。收集所有患者的基线资料，包括性别、年龄、体重、身高和手术侧别等。

本研究经华北医疗集团峰峰总医院伦理审查委员会批准通过（批准文号：2022A11），所有纳入患者均知情同意并签署书面知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术操作 所有手术均由同一位经验丰富的高年资医师完成。首先建立膝关节前外侧及前内侧常规关节镜入路，全面探查髌骨及股骨滑车软骨状态，在膝关节活动范围内观察髌骨运动轨迹，并处理关节内病变，如进行游离体取出术或软骨成形术。依据术前计算机断层扫描（computed tomography，CT）测量结果规划胫骨结节内移距离，术中将TT-TG距离矫正至10～12 mm，同时严格避免过度矫正。完整剥离胫骨结节骨块，待髌骨轨迹评估满意后，选用2枚直径4.5 mm、长度适宜的皮质骨螺钉固定胫骨结节骨块。

采用同侧自体半腱肌肌腱行MPFLR。将肌腱对折，远端纵行劈开形成双束，近端保留完整袢状结构，制备成Y形以模拟内侧髌股韧带双束解剖形态。于Y形肌腱两个分支游离末端行锁边缝合，近端折叠袢无需缝合处理。股骨及髌骨骨道均参照正常的内侧髌股韧带解剖定位：股骨骨道借助X线透视参照Schöttle解剖标志精确定位[14]，髌骨侧于髌骨内侧缘近上端及内侧缘中点制备两处骨性止点槽。移植物固定前，在关节镜直视下于0～90°范围被动屈伸膝关节行等长性评估，筛选移植物张力波动最小的近等长位点。于膝关节屈曲30°时调节移植物适宜张力后，将Y形肌腱近端袢置入股骨骨道，采用可吸收界面螺钉固定。再将双束分支末端分别嵌入髌骨两处骨槽，各以1枚可吸收界面螺钉完成固定。手术完成前，再次检查髌骨运动轨迹、膝关节活动度及髌骨外侧移位情况。若被动向内推移髌骨时外侧支持带张力明显限制髌骨复位，或髌骨外侧倾斜仍显著且髌骨运动轨迹异常，则行外侧支持带松解。松解范围上至髌骨外上极下方1 cm，下至髌骨下极上方1 cm，沿髌骨外侧缘纵向切开，松解紧张的支持带纤维，以髌骨内移活动度恢复、髌骨内外侧软组织张力均衡为松解终点。

1.2.2 术后康复 所有患者术后佩戴膝关节支具予以保护性固定，并在术后早期开展股四头肌肌力训练及直腿抬高训练，促进膝周肌群力量恢复。对于接受单独MPFLR的患者，术后前2周允许膝关节被动活动至屈曲60°，并在佩戴支具的情况下进行部分负重功能锻炼；术后4周，膝关节活动度循序渐进增加至90°，并允许去除支具，完全负重行走；术后6周，膝关节活动度增加至120°。对于接受MPFLR联合TTT的患者，术后前6周允许部分负重，术后8周允许去除支具进行完全负重和屈曲锻炼。术后6个月，若患者膝关节活动度、下肢肌力及髌骨稳定性恢复正常，可逐步恢复日常及普通体育运动。

1.2.3 临床评估 在术前及术后2年时进行临床评估。使用Kujala评分、Lysholm评分和国际膝关节文献委员会（International Knee Documentation Committee，IKDC）主观膝关节评估量表评估膝关节功能，视觉模拟量表（visual analogue scale，VAS）评估疼痛程度。随访期间记录患者手术失败和并发症发生情况。将手术失败定义为患者出现以下任一情况：①髌骨脱位复发，即在膝关节屈伸活动过程中髌骨完全滑出滑车沟，并经临床体检或影像学检查确认；②髌骨半脱位复发，即在膝关节活动中髌骨自股骨滑车沟向外侧部分脱出，通过主观查体或影像学测量进行评估；③恐惧征阳性，即在膝关节屈曲约30°时被动向外推移髌骨诱发患者明显的恐惧或不稳感；④主观髌骨不稳，即患者自述在日常活动或运动中存在明确的髌骨不稳感或不安全感，且持续影响其参与运动。所有手术失败事件的判定均由2名关节外科医师独立评估后共同确认，意见不一致时经讨论达成共识。采用改良Clavien-Dindo并发症分级系统将术后并发症划分为轻度与重度两类：轻度并发症包括无需手术处理的感染、关节纤维化、无需手术处理的轻微神经损伤、无需手术处理的轻度血管损伤、静脉血栓栓塞、内植物刺激、延迟愈合、无需手术处理的切口并发症以及活动相关疼痛；重度并发症包括需要手术处理的感染、骨不连、骨折、需要手术处理的切口并发症以及内植物断裂[15]。

1.2.4 影像学评估 所有患者术前及术后均行膝关节CT检查，影像学评估指标包括TT-TG距离、髌骨倾斜角（patellar tilt angle，PTA）和髌骨适合角（patellar congruence angle，PCA）（图1）。TT-TG距离在滑车沟最低点层面及胫骨结节近端1/3层面的重叠CT图像上测量，分别过滑车沟最低点

与胫骨结节中心点作垂直于股骨后髁连线的垂线，两垂线间距离即为TT-TG距离[16]。PTA定义为髌骨最大横径连线与股骨后髁连线的夹角[16]。PCA定义为滑车沟角平分线与髌骨嵴至滑车沟最低点连线的夹角[17]。由两名独立关节外科医师完成全部CT影像测量，所有CT影像仅保留匿名化患者编号，完整剔除病历号、手术日期、术式、TT-TG分层、随访分组等全部临床信息，2名医师仅能读取断层影像解剖结构。2名医师均未参与患者手术、随访及病例资料整理，完全不了解本研究分组逻辑与预设研究假设。所有影像由两名医师独立、分开完成测量，测量结果互不沟通。间隔3周后，其中1名医师再次对全部影像进行二次复测，用于评估观察者内一致性。通过计算组内相关系数（intraclass correlation coefficient，ICC）评估所有影像学参数的观察者内和观察者间可靠性，ICC值＞0.8提示测量可靠性良好。影像学测量指标观察者内部的ICC 0.835～0.942，观察者之间的ICC 0.814～0.931，表明可靠性良好。

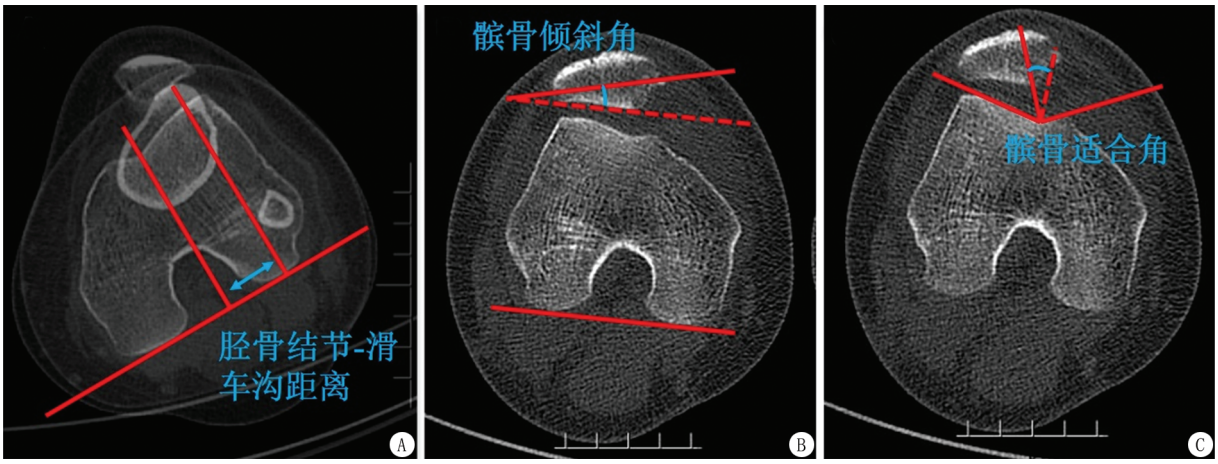


图1　影像学评估指标

A. TT-TG距离；B. PTA；C. PCA

Figure 1　Radiologic assessment parameters

1.3　统计学方法　应用SPSS 21.0统计软件分析数据。计量资料先进行Shapiro-Wilk正态性检验和Levene方差齐性检验。符合正态分布且满足方差齐性的计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，比较采用独立样本t检验和配对t检验。计数资料以例数（%）表示，比较采用χ^2检验，等级资料比较采用秩和检验。P＜0.05为差异有统计学意义。

2　结　　果

2.1　单独MPFLR组和MPFLR＋TTT组的基线资料　单独MPFLR组90例，MPFLR＋TTT组64例，2组TT-TG距离亚组患者数量差异有统计学意义（P=0.035），2组性别、年龄、体重指数、髌骨脱位发生次数、侧别、术前TT-TG距离、Caton-Deschamps指数、外侧支持带松解数量、滑车发育不良类型等方面比较差异无统计学意义（P＞0.05）。见表1。

2.2　单独MPFLR组和MPFLR＋TTT组整体队列的疗效比较

2.2.1　单独MPFLR组和MPFLR＋TTT组临床结果的比较　与术前比较，单独MPFLR组和MPFLR＋TTT组术后时的Kujala、Lysholm、IKDC均显著升高，VAS评分均显著降低，差异有统计学意义（P＜0.05），2组术前和术后Kujala、Lysholm、IKDC和VAS评分比较差异均无统计学意义（P＞0.05）。见表2。术后随访期间，对所有患者的手术失败及并发症情况进行记录与分析。单独MPFLR组共5例患者出现手术失败，其中3例表现为运动中主观髌骨不稳，经非手术治疗后症状缓解；2例发生髌骨脱位，术前TT-TG距离均＞25 mm，接受翻修手术治疗。MPFLR＋TTT组共3例患者出现手术失败，其中2例表现为运动中主观髌骨不稳，经非手术治疗后改善；1例发生髌骨脱位，为Dejour D型滑车发育不良，接受翻修手术。单独MPFLR组手术失败率为5.56%（5/90），MPFLR＋TTT组为4.69%（3/64），2组手术失败率比较差异无统计学意义（χ^2=0.057，P=0.811）。此外，共有7例患者出现轻度并发症，2组均未发生重度并发症。单独MPFLR组3例、MPFLR＋TTT组2例患者术后早期出现关节僵

表1　单独MPFLR组和MPFLR+TTT组基本信息比较

Table 1　Comparison of baseline characteristics between the MPFLR alone group and the MPFLR+TTT group

组别	例数	性别(例数,%)		年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	体重指数($\bar{x}\pm s$,kg/m^2)	髌骨脱位发生次数($\bar{x}\pm s$,次数)
		男性	女性			
单独MPFLR组	90	31(34.44)	59(65.56)	22.84±3.33	22.55±3.77	5.49±2.40
MPFLR+TTT组	64	19(29.69)	45(70.31)	23.68±4.57	23.21±3.71	6.20±2.27
$\chi^2/t/Z$值		0.386		1.324	1.072	1.827
P值		0.534		0.187	0.285	0.070

组别	例数	侧别(例数,%)		术前TT-TG距离($\bar{x}\pm s$,mm)	Caton-Deschamps指数($\bar{x}\pm s$)	外侧支持带松解(例数,%)
		左侧	右侧			
单独MPFLR组	90	52(57.78)	38(42.22)	22.47±4.91	1.11±0.17	28(31.11)
MPFLR+TTT组	64	35(54.69)	29(45.31)	24.59±4.99	1.14±0.19	17(26.56)
$\chi^2/t/Z$值		0.145		1.620	0.915	0.374
P值		0.703		0.105	0.362	0.541

组别	例数	滑车发育不良(例数,%)				
		无	A	B	C	D
单独MPFLR组	90	5(5.56)	29(32.22)	24(26.67)	17(18.89)	15(16.66)
MPFLR+TTT组	64	3(4.68)	18(28.13)	23(35.94)	12(18.75)	8(12.50)
$\chi^2/t/Z$值				1.748		
P值				0.782		

组别	例数	TT-TG距离亚组患者数量(例数,%)		
		15 mm<TT-TG≤20 mm	20 mm<TT-TG≤25 mm	TT-TG>25 mm
单独MPFLR组	90	39(43.34)	30(33.33)	21(23.33)
MPFLR+TTT组	64	16(25.00)	23(35.94)	25(39.06)
$\chi^2/t/Z$值		6.692		
P值		0.035		

硬，经强化被动屈伸训练，均于术后4周内恢复正常活动度；MPFLR+TTT组有2例患者出现术后膝前疼痛，经口服抗炎镇痛药物及物理理疗等保守治疗后，术后3周内症状缓解。单独MPFLR组总体并发症发生率为3.33%（3/90），MPFLR+TTT组为6.25%（4/64），2组总体并发症发生率差异无统计学意义（χ^2=0.733，P=0.392）。

表2　单独MPFLR组和MPFLR+TTT组临床结果比较

Table 2　Comparison of clinical outcomes between the MPFLR alone group and the MPFLR+TTT group

($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	Kujala		Lysholm		IKDC		VAS	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后
单独MPFLR组	90	55.5±5.9	83.5±7.7*	51.1±5.4	85.2±6.7*	48.2±6.1	82.8±7.3*	3.62±1.94	1.73±1.59*
MPFLR+TTT组	64	54.4±6.7	84.5±6.0*	51.0±6.9	86.6±6.8*	48.1±6.5	84.3±5.5*	3.77±1.90	1.63±1.26*
t值		1.159	0.845	0.143	1.255	0.025	1.409	0.456	0.845
P值		0.248	0.411	0.886	0.211	0.980	0.161	0.649	0.400

*P值<0.05与术前比较(配对t检验)

2.2.2　单独MPFLR组和MPFLR+TTT组影像学结果的比较　与术前比较，单独MPFLR组和MPFLR+TTT组术后PTA和PCA均显著改善，MPFLR+TTT组术后TT-TG距离显著缩小，差异有统计学意义（P<0.05）；MPFLR+TTT组术后TT-TG距离小于单独MPFLR组，差异有统计学意义（P<0.05），2组术前和术后PTA和PCA差异无统计学意义（P>0.05），单独MPFLR组术前和术后TT-TG距离差异无统计学意义（P>0.05）。见表3。

2.3　基于TT-TG距离分层的单独MPFLR组和MPFLR+TTT组疗效比较

2.3.1　基于TT-TG距离分层各亚组临床结果的比较　在各个TT-TG距离的亚组分析中，与术前相比，单独MPFLR组和MPFLR+TTT组患者术后时的Kujala、Lysholm、IKDC均显著升高，VAS

表3　单独MPFLR组和MPFLR+TTT组影像学结果比较

Table 3　Comparison of radiological outcomes between the MPFLR alone group and the MPFLR+TTT group

($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	TT-TG距离(mm)		PTA(°)		PCA(°)	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后
单独MPFLR组	90	22.5±4.9	22.1±4.8	26.4±6.4	12.3±4.8*	28.5±7.0	8.1±7.6*
MPFLR+TTT组	64	24.6±5.0	11.3±0.7*	27.6±6.8	11.0±3.9*	28.8±6.2	7.3±6.0*
t值		2.619	17.912	1.116	1.784	0.276	0.713
P值		0.010	<0.001	0.266	0.076	0.783	0.477

*P值<0.05与术前比较(配对t检验)

评分均显著降低，差异有统计学意义（P<0.05）；在15 mm<TT-TG距离≤20 mm和20 mm<TT-TG距离≤25 mm亚组中，术前和术后单独MPFLR组和MPFLR+TTT组的Kujala、Lysholm、IKDC和VAS评分差异均无统计学意义（P>0.05）；在TT-TG距离>25 mm亚组中，术前时，单独MPFLR组和MPFLR+TTT组的Kujala、Lysholm、IKDC和VAS评分差异均无统计学意义（P>0.05），术后时，MPFLR+TTT组Kujala、Lysholm和IKDC评分均显著高于单独MPFLR组，VAS评分显著低于单独MPFLR组，差异有统计学意义（P<0.05）。见表4。

表4　不同TT-TG距离亚组中单独MPFLR组和MPFLR+TTT组临床结果比较

Table 4　Comparison of clinical outcomes between the MPFLR alone group and the MPFLR+TTT group in different TT-TG distance subgroups

($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	Kujala		Lysholm		IKDC		VAS	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后	术前	术后
15 mm<TT-TG距离≤20 mm									
单独MPFLR组	39	56.7±6.8	86.8±6.3*	52.3±4.8	87.7±5.5*	49.2±6.1	85.4±5.1*	3.62±2.02	1.44±1.12*
MPFLR+TTT组	16	56.1±7.6	87.8±5.1*	53.1±6.4	88.6±6.9*	48.7±6.7	85.6±5.2*	3.75±1.48	1.50±1.21*
t值		0.327	0.574	0.511	0.434	0.263	0.174	0.241	0.150
P值		0.745	0.568	0.612	0.666	0.793	0.862	0.811	0.881
20 mm<TT-TG距离≤25 mm									
单独MPFLR组	30	55.9±4.2	85.1±6.3*	51.6±5.8	87.4±4.7*	48.2±6.0	85.1±6.5*	3.50±1.61	1.53±1.42*
MPFLR+TTT组	23	55.5±6.2	84.0±5.9*	51.1±6.6	86.8±7.1*	48.7±6.4	85.3±5.3*	3.61±1.70	1.43±1.24*
t值		0.318	0.602	0.255	0.376	0.284	0.142	0.238	0.253
P值		0.752	0.550	0.799	0.709	0.777	0.887	0.813	0.802
TT-TG距离>25 mm									
单独MPFLR组	21	52.8±5.7	75.3±6.1*	48.3±5.2	77.4±5.3*	46.3±6.1	74.7±5.8*	3.81±2.27	2.57±1.60*
MPFLR+TTT组	25	52.2±6.1	82.8±5.9*	49.5±7.4	85.2±6.1*	47.3±6.7	82.5±5.6*	3.92±2.33	1.64±1.35*
t值		0.296	4.218	0.599	4.597	0.543	4.609	0.162	2.143
P值		0.769	<0.001	0.553	<0.001	0.590	<0.001	0.872	0.038

*P值<0.05与术前比较(配对t检验)

2.3.2　基于TT-TG距离分层各亚组影像学结果的比较　在各个TT-TG距离的亚组分析中，与术前比较，单独MPFLR组和MPFLR+TTT组术后PTA和PCA均显著缩小，MPFLR+TTT组术后TT-TG距离显著缩小，差异有统计学意义（P<0.05）；在15 mm<TT-TG距离≤20 mm和20 mm<TT-TG距离≤25 mm亚组中，单独MPFLR组和MPFLR+TTT组的术后PTA和PCA差异无统计学意义（均P>0.05）；在TT-TG距离>25 mm亚组中，MPFLR+TTT组的术后PTA和PCA比单独MPFLR组小，差异有统计学意义（P<0.05）。见表5。

3　讨　论

本研究最主要的发现是，对于TT-TG距离为15～25 mm的复发性髌骨脱位患者，术后2年随访时单独MPFLR与MPFLR联合TTT治疗可获得相似且良好的临床及影像学疗效；在TT-TG距离>25 mm的患者中，MPFLR联合TTT的临床功能改善与髌股对位矫正效果优于单独MPFLR。

表5　不同TT-TG距离亚组中单独MPFLR组和MPFLR+TTT组影像学结果比较

Table 5　Comparison of radiographic outcomes between the MPFLR alone group and the MPFLR+TTT group in different TT-TG distance subgroups

($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	TT-TG距离(mm)		PTA(°)		PCA(°)	
		术前	术后	术前	术后	术前	术后
15 mm＜TT-TG距离≤20 mm							
单独MPFLR组	39	17.7±1.2	17.5±1.2	25.1±6.2	10.4±3.8*	27.6±6.6	5.5±7.9*
MPFLR+TTT组	16	18.2±1.5	11.2±0.6*#	26.3±7.3	10.9±4.5*	27.1±7.2	6.1±7.4*
t值		1.220	20.500	0.612	0.385	0.259	0.270
P值		0.228	＜0.001	0.543	0.702	0.797	0.788
20 mm＜TT-TG距离≤25 mm							
单独MPFLR组	30	23.6±1.2	23.3±1.3	26.6±6.0	11.8±3.9*	28.2±7.7	7.4±6.7*
MPFLR+TTT组	23	23.3±1.6	11.2±0.5*#	27.1±6.3	10.3±3.4*	28.9±5.5	6.8±7.0*
t值		0.761	41.512	0.243	1.427	0.387	0.311
P值		0.450	＜0.001	0.809	0.160	0.700	0.757
TT-TG距离＞25 mm							
单独MPFLR组	21	29.7±1.7	29.0±1.8	28.3±7.0	16.6±5.1*	30.5±6.7	14.3±3.9*
MPFLR+TTT组	25	29.9±1.9	11.5±0.8*	28.8±6.9	11.7±4.1*	29.7±6.2	8.6±3.7*
t值		0.356	44.171	0.260	3.579	0.389	4.960
P值		0.723	＜0.001	0.796	0.001	0.699	＜0.001

*P值＜0.05与术前比较(配对t检验)

因此，TTT并非适用于所有TT-TG距离增大的复发性髌骨脱位患者，在TT-TG距离＞25 mm的患者中可考虑联合TTT以获得更好的临床疗效。

目前，MPFLR已成为治疗复发性髌骨脱位的主要术式，可有效改善膝关节功能、降低髌骨再脱位风险[18]。尽管临床上普遍认同TT-TG距离＜15 mm时可优先选择单独行MPFLR，TT-TG距离＞15～20 mm时应考虑联合骨性矫正手术，但关于TTT的手术阈值，学界尚未形成统一标准，最佳手术策略仍存在争议[19]。部分学者认为，联合TTT并不能为MPFLR带来额外的增益，反而可能增加术后并发症风险，延长康复周期，推迟重返运动时机[5, 20]。但是，部分学者[9-11, 21]支持联合TTT能够显著降低髌股关节应力，改善患者临床功能，降低需要翻修手术的风险。现有研究对TT-TG距离临界值的界定存在明显分歧，上述争议进一步凸显了依据TT-TG距离进行分层研究，明确个体化手术指征的重要临床价值。

本研究结果显示，术后随访时2组Kujala、Lysholm及IKDC主观评分均较术前显著提升，且手术失败率和并发症发生率均较低，提示两种术式均可有效改善复发性髌骨脱位患者的膝关节功能与主观症状。在整体队列中，2组术后功能评分及改善幅度差异均无统计学意义，这与部分既往研究结论一致[5-7, 20]，表明对于多数患者而言，单独MPFLR可以提供足够的软组织稳定性以恢复膝关节功能。亚组分析进一步揭示，在TT-TG距离为15～25 mm的胫骨结节外侧化患者中，2组术后功能改善水平相近，提示此范围内单独行MPFLR即可获得满意的临床效果。而在TT-TG距离＞25 mm的患者中，MPFLR联合TTT组的术后功能评分显著高于单独MPFLR组，提示联合TTT手术可为重度胫骨结节外侧化患者带来更为显著的临床获益。Kim等[12]研究同样证实，MPFLR联合TTT与单独MPFLR治疗TT-TG距离为15～25 mm的患者，临床结局相似且复位率较低。Zhang等[22]研究报道，2组术后功能评分和复发率差异无统计学意义，不建议在TT-TG距离为15～20 mm的患者中额外进行TTT手术。Guevel等[5] Meta分析指出，即使存在TT-TG距离＞20 mm，TTT与MPFLR联合似乎也未比单独MPFLR带来额外益处。但Franciozi等[23]研究报道，在TT-TG距离为17～20 mm的患者中，MPFLR联合TTT在功能评分与髌骨运动学改善方面更具优势。现有研究结论并不完全一致，可能受多种因素影响，包括合并其他解剖危险因素、手术技术差异、康复方案不同及随访时间差异等。

影像学评估结果显示，术后2组PTA和PCA均较术前显著改善，提示2种术式均可有效矫正髌股对位不良。整体队列中，2组术后PTA和PCA

的矫正程度差异无统计学意义，这与临床结果相一致，表明在多数患者中，单独行MPFLR即可有效纠正软组织失衡导致的髌骨外倾与外移。亚组分析发现，在TT-TG距离为15～25 mm范围内，2组术后PTA和PCA相近；而在TT-TG距离＞25 mm的患者中，MPFLR联合TTT术后PTA和PCA显著低于单独MPFLR组。这一差异提示，当胫骨结节外侧化程度超过一定阈值时，单纯软组织重建难以完全纠正骨性力线异常，而联合TTT可通过骨性移位直接降低TT-TG距离，改善髌股关节对位关系，为后续功能恢复提供稳定的解剖基础。Kim等[12]研究报道，MPFLR联合TTT与单独MPFLR术后PTA和PCA显著降低，但组间差异无统计学意义。Zhang等[22]研究报道，2组术后PTA和髌骨外侧移位距离显著降低，但差异无统计学意义，仅MPFLR联合TTT组术后Q角显著降低。

本研究在不同TT-TG距离分层中观察到组间疗效存在差异，其主要原因在于不同术式对髌骨脱位病理机制的矫正范围不同。复发性髌骨脱位的核心问题是软组织失衡与骨性力线异常的共同作用，单独MPFLR仅能重建内侧软组织约束，但无法纠正已存在的骨性解剖畸形。当TT-TG距离为15～25 mm时，髌骨脱位以软组织失衡为主，骨性因素影响相对有限，单独MPFLR即可恢复髌骨正常运动轨迹。而当TT-TG距离＞25 mm时，胫骨结节过度外移已成为导致髌骨脱位的主要骨性因素，单纯依靠软组织重建无法彻底纠正髌股关节的力学异常[24]。MPFLR联合TTT可同时矫正骨性力线异常与软组织缺陷，从根本上恢复髌股关节对位与力学平衡，从而在TT-TG高度增大的患者中展现出更优的临床与影像学结果。

TTT手术阈值的争议一定程度上反映了TT-TG距离这一指标本身的局限性。作为单一绝对值，TT-TG距离无法体现患者骨骼尺寸、解剖形态及髌股关节生物力学的个体差异[25]。此外，TT-TG增大可能源于胫骨结节外侧化、膝关节旋转异常或滑车沟解剖变异，并非单纯反映胫骨结节位置异常[26]。TT-TG距离的测量结果也受膝关节屈曲角度的影响，屈膝角度增大时TT-TG距离减小[27]。针对上述TT-TG距离的局限性，近年来有学者已经提出了多种新型指标以更准确可靠的反映胫骨结节外置，如胫骨结节—后交叉韧带距离[28]、胫骨结节—胫骨髁间中点距离[29]、胫骨结节—罗马拱门距离[30]和TT-TG/髌骨宽度[31]等，但目前仍缺乏针对这些指标临床适用性和临界值的相关研究。

需要指出的是，TT-TG距离作为单一静态影像学指标，无法全面反映髌股关节的个体化生物力学特征。复发性髌骨脱位的病理机制涉及多种骨性畸形的协同作用，包括滑车发育不良、髌骨高位、股骨前倾角增大、胫骨扭转异常及膝外翻等[1-2]。上述因素均可能影响TTT的手术决策与临床疗效。例如，在合并股骨前倾角显著增大的患者中，若仅行MPFLR联合TTT而未矫正股骨扭转畸形，髌股关节应力改善有限，会对临床结局产生负面影响[17]。对于重度滑车发育不良（Dejour B型及D型），滑车成形术被推荐为有效的手术选择，可显著改善髌股关节稳定性并降低再脱位率[32]。当患者合并髌骨高位时，可考虑联合胫骨结节远端移位术以恢复正常的髌骨高度[33]。此外，TT-TG距离增大可由胫骨结节本身外置、胫股旋转异常或两者共同导致[26]，Zhang等[16]的研究证实，因胫股旋转异常所致的TT-TG增大患者行TTT术后功能评分更低，提示TTT无法有效矫正由旋转因素驱动的力线异常。因此，复发性髌骨脱位的手术决策不应仅依据TT-TG距离这一单一指标，而应综合评估患者的多种解剖危险因素，制定个体化的联合手术方案，力求获得最优的临床疗效。

本研究存在一定局限性。首先，本研究为回顾性设计，术式由术者依据患者病情决定而非随机分配，可能引入选择偏倚。然而，基线资料显示2组在性别、年龄、TT-TG距离、滑车发育不良分型及Caton-Deschamps指数等关键指标上均衡可比，术前功能评分差异也无统计学意义。此外，本研究通过严格的纳入和排除标准控制了部分混杂因素，并采用亚组分层分析将TT-TG距离这一核心因素转化为研究变量，在一定程度上削弱了选择偏倚对结论的干扰。但回顾性设计仍无法完全排除未测量混杂因的影响，未来需前瞻性随机对照研究进一步验证。第二，本研究随访节点局限于术前与术后2年，缺乏术后3个月、6个月及1年的连续性随访数据，因此无法比较2种术式的早期康复差异与远期疗效变化，这将在后续前瞻性研究中予以完善。第三，研究未纳入恐惧试验、J征、髌骨滑动度等客观体格检查以及运动功能相关资料，临床评价体系不够完整。第四，影像学评估仅采用静态CT测量，未纳入动态影像学或运动学分析，无法反映膝关节屈伸全程的髌骨运动

轨迹；同时，Q角、股骨前倾角等重要骨性参数未纳入分析，Caton-Deschamps指数仅作为基线可比性指标而未随访术后变化，上述不足限制了对多重骨性畸形协同作用的全面评价。第五，未通过关节镜量化软骨损伤程度，无法评估手术对软骨修复的影响。第六，2组术后康复方案存在差异，联合TTT组因胫骨结节截骨需等待骨性愈合，制动及部分负重时间更长，该差异源于术式本身的生物学愈合规律而非研究设计偏差，但早期康复节奏的不同仍可能对术后早期功能恢复及关节僵硬发生率产生潜在影响。第七，尽管排除标准控制了其他术式的干扰，但本研究未采用多因素回归分析对滑车发育不良、髌骨高位、股骨前倾角等多种解剖危险因素进行统计学校正，难以量化各因素对TTT临床结局的影响。第八，术后失败例数较少，难以进行多因素分析以确定失败相关的危险因素。第九，本研究对手术失败的定义采用复合指标，主观不稳和恐惧征缺乏标准化的量化评估工具，不同评估者之间的判断可能存在差异。未来可开展多中心、大样本、长期随访的前瞻性研究，结合动态影像学与生物力学分析，综合多种解剖危险因素并统一康复流程，进一步优化复发性髌骨脱位的个体化手术决策。

综上所述，对于TT-TG距离为15～25 mm的复发性髌骨脱位患者，术后2年随访时单独MPFLR与MPFLR联合TTT治疗可获得相似且良好的临床及影像学疗效；在TT-TG距离＞25 mm的患者中，MPFLR联合TTT的临床功能改善与髌股对位矫正效果优于单独MPFLR。本研究结果为TTT的手术决策提供了重要的参考依据，提示在TT-TG距离＞25 mm的复发性髌骨脱位患者中可考虑联合TTT以获得更好的临床疗效。但本研究结论受回顾性设计及单中心样本限制，尚需多中心、前瞻性随机对照研究进一步验证。

[参考文献]

[1] Zandee van Rilland ED, Stevens KJ, Wudhikulprapan W, et al. Patellofemoral instability: Anatomy, imaging techniques, and clinically relevant measurements[J]. Skeletal Radiol, 2026, 55(8):1835-1853.

[2] 田玉良,于海泉,张耀杰,等.关节镜下内侧髌股韧带双束解剖重建治疗青少年复发性髌骨脱位的临床研究[J].河北医药,2020,42(13):2011-2014.

[3] Kutschke MJ, Testa EJ, Schilkowsky R, et al. The effects of tibial tuberosity-trochlear groove distance on lateral translation of the patella: A cadaveric biomechanical study[J]. Orthop J Sports Med,2026,14(1):23259671251407593.

[4] Pineda T, Cance N, Dan MJ, et al. Tibial tuberosity-trochlear groove ratio adjusts for sex differences and improves accuracy in assessing patellofemoral instability[J]. Orthop J Sports Med,2025,13(6):23259671251344227.

[5] Guevel B, Njai A, Raboff A, et al. Does tibial tuberosity osteotomy improve outcomes when combined with medial patellofemoral ligament reconstruction in the presence of increased tibial tuberosity-trochlear groove distance? A systematic review and Meta-analysis[J]. Orthop J Sports Med,2023,11(12):23259671231195905.

[6] Almeida J, Senra AR, Leite MJ, et al. Is combined MPFL reconstruction and tubercule tibial osteotomy superior to isolated reconstruction? A systematic review and meta-analysis[J]. J Clin Orthop Trauma,2023,45:102277.

[7] Grewal RS, Berger GK, Pennock AT, et al. Medial patellofemoral ligament reconstruction in adolescent patellofemoral instability with high tibial tubercle-trochlear groove intervals: A comparison of with or without tibial tubercle osteotomy[J]. J Pediatr Orthop, 2026; 46(4): 212-218.

[8] Ryan PC, Ross BJ, Stamm MAet al. Concomitant tibial tubercle osteotomy reduces the risk of revision surgery after medial patellofemoral ligament reconstruction for the treatment of patellar instability[J]. Arthroscopy,2023,39(9): 2037-2045.e1.

[9] Markes AR, Ghanta RB, Zhang AL, et al. Combined medial patellofemoral ligament reconstruction and tibial tubercle osteotomy has a lower risk of recurrent instability requiring revision stabilization at 2 years than either procedure alone[J]. Arthrosc Sports Med Rehabil,2024,6(6):100994.

[10] Berton A, Salvatore G, Nazarian A, et al. Combined MPFL reconstruction and tibial tuberosity transfer avoid focal patella overload in the setting of elevated TT-TG distances[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2023,31(5):1771-1780.

[11] Hartmann M, Ackermann J, Bergheim N, et al. Tibial tubercle osteotomy decreases femorotibial rotation in patients with patellar instability[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2025, 145(1):400.

[12] Kim JM, Sim JA, Yang H, et al. Clinical comparison of medial patellofemoral ligament reconstruction with or without tibial tuberosity transfer for recurrent patellar instability[J]. Am J Sports Med,2021,49(12):3335-3343.

[13] Kim HK, Parikh S. Patellofemoral instability in children: imaging findings and therapeutic approaches[J]. Korean J Radiol,2022,23(6):674-687.

[14] Cetin H, Kose O, Selcuk H, et al. Lateral to medial fluoroscopic view improves the accuracy of identifying the MPFL femoral footprint using Schottle's technique[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2025,33(2):439-449.

[15] DeNovio AC, Holle A, Pan X, et al. Incidence of complications, recurrent instability, and all-cause reoperations

after tibial tubercle osteotomy for patellofemoral instability: A systematic review and meta-analysis of the literature [J]. Orthop J Sports Med, 2025, 13(9): 23259671251374307.

[16] Zhang ZJ, Feng Z, Di M, et al. Increased TT-TG distance caused by excessive tibiofemoral rotation predicts poor clinical outcomes after tibial tubercle osteotomy in recurrent patellar dislocation[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2023, 31(11): 5162-5170.

[17] Hao K, Niu Y, Kong L, et al. Medial patellofemoral ligament reconstruction combined with derotational distal femoral osteotomy yields better outcomes than isolated procedures in patellar dislocation with increased femoral anteversion [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2023, 31(7): 2888-2896.

[18] Liu G, Kwabena BR, Jiang S, et al. Medial patellofemoral complex reconstruction, isolated medial quadriceps-tendon femoral ligament reconstruction, and isolated medial patellofemoral ligament reconstruction have similar clinical and biomechanical outcomes: A systematic review [J]. Arthroscopy, 2026, 42(1): 329-345.

[19] Stokes DJ, Elrick BP, Carpenter ML, et al. Tibial tubercle osteotomy: Indications, outcomes, and complications[J]. Curr Rev Musculoskelet Med, 2024, 17(11): 484-495.

[20] Kew ME, Marmor WA, Dennis ER, et al. Patients undergoing medial patellofemoral ligament reconstruction return to sport sooner and at a higher level than those undergoing concomitant tibial tubercle osteotomy [J]. J Exp Orthop, 2025, 12(4): e70520.

[21] Su P, Yao D, Zhang L, et al. Results of medial patellofemoral ligament reconstruction with and without tibial tubercle osteotomy in patellar instability: A systematic review and single-arm meta-analysis [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024, 25(1): 642.

[22] Zhang Y, Nan K, Zhao Y, et al. Addition of tibial tubercle osteotomy to combined MPFL reconstruction and lateral retinacular release not recommended for recurrent patellar dislocation in patients with 15 to 20 mm TT-TG[J]. J Knee Surg, 2023, 36(13): 1349-1356.

[23] Franciozi CE, Ambra LF, Albertoni LJB, et al. Anteromedial tibial tubercle osteotomy improves results of medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar instability in patients with tibial tuberosity-trochlear groove distance of 17 to 20 mm [J]. Arthroscopy, 2019, 35(2): 566-574.

[24] Elias JJ, Cosgarea AJ, Tanaka MJ. Adding tibial tuberosity medialization to medial patellofemoral ligament reconstruction reduces lateral patellar maltracking during multidirectional motion in a computational simulation model [J]. Arthrosc Sports Med Rehabil, 2023, 5(4): 100753.

[25] Chen J, Sha L, Zhang X, et al. Impact of sex and age on the lateralisation of the tibial tubercle in normal paediatric and adolescent populations [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2024, 32(5): 1207-1215.

[26] Pace JL, Drummond M, Brimacombe M, et al. Unpacking the tibial tubercle-trochlear groove distance: Evaluation of rotational factors, trochlear groove and tibial tubercle position, and role of trochlear dysplasia[J]. Am J Sports Med, 2023, 51(1): 16-24.

[27] Li J, Chen Y, Yuan M, et al. Lateral patellar maltracking and patellar alta in the absence of increased TT-TGdynamic distance in isolated patellofemoral pain: A dynamic kinematic CT study[J]. BMC Med Imaging, 2025, 25(1): 446.

[28] Vivekanantha P, Kahlon H, Shahabinezhad A, et al. Tibial tubercle to trochlear groove distance versus tibial tubercle to posterior cruciate ligament distance for predicting patellar instability: A systematic review [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2023, 31(8): 3243-3258.

[29] Nizić D, Šimunović M, Serdar J, et al. Tibial tuberosity-tibial intercondylar midpoint distance can be interchangeably measured on axial CT and MRI: Retrospective cross-sectional comparative study[J]. Medicina (Kaunas), 2025, 61(2): 348.

[30] Irarrázaval S, Besa P, Fernández T, et al. Tibial tubercle to trochlear groove and the roman arch method for tibial tubercle lateralisation are reliable and distinguish between subjects with and without major patellar instability [J]. J ISAKOS, 2024, 9(3): 272-278.

[31] Chen Y, Tian W, Yuan M, et al. Ratio of tibial tubercle-trochlear groove distance to patellar width as a predictor of patellar dislocation: Analysis of individualized tibial tubercle lateralization parameters [J]. Orthop J Sports Med, 2024, 12(10): 23259671241276446.

[32] Dippmann C, Lavard P, Kourakis AH, et al. Good 5-year results and a low redislocation rate using an *à* la carte treatment algorithm for patellofemoral instability in patients with severe trochlea dysplasia [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2025, 33(2): 401-412.

[33] Palhares G, Hinkley P, Rizy M, et al. Tibial tubercle osteotomy with distalization for the treatment of patella alta [J]. Arthrosc Tech, 2023, 12(5): e609-e614.

（本文编辑：赵丽洁）