

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2026.04.012

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20251201.1600.008\(2025-12-02\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20251201.1600.008(2025-12-02))

阶梯化等速肌力训练对胫骨平台骨折术后早期 膝关节功能恢复的影响*

李登耀^{1,2} 牟杨^{3△} 罗伦¹ 藏雅宁¹

(1. 成都市第二人民医院康复医学科, 成都 610000; 2. 锦州医科大学, 辽宁锦州 124000;

3. 重庆大学附属涪陵医院康复医学科, 重庆 408099)

[摘要] **目的** 探讨阶梯化等速肌力训练对胫骨平台骨折(TPF, Schatzker I ~ III型)术后早期膝关节功能恢复的影响。**方法** 选取 2024 年 1 月至 2025 年 4 月在成都市第二人民医院诊断为 TPF 且行钢板内固定术的 66 例患者为研究对象, 根据随机数字表法分为对照组和试验组, 每组 33 例。对照组给予常规康复治疗, 试验组在对照组基础上给予阶梯化等速肌力训练, 两组均治疗 12 周。采用视觉模拟量表(VAS)评估膝关节疼痛情况, 比较治疗前后两组等速肌力测试膝关节肌力、本体感觉、主动活动度、美国特种外科医院(HSS)膝关节评分情况。**结果** 治疗 2、6、12 周后, 两组膝关节 VAS 评分较治疗前降低, 且治疗 2、6 周后试验组 VAS 评分低于对照组($P < 0.05$)。治疗 12 周后, 在角速度 $60^\circ/\text{s}$ 、 $120^\circ/\text{s}$ 时, 试验组膝关节屈伸峰力矩(PT)、总功(TW)值高于对照组($P < 0.05$)。在 15° 、 45° 、 75° 位置时, 试验组膝关节重现度数差值高于对照组($P < 0.05$)。治疗 2、6、12 周后, 两组膝关节主动活动度较治疗前升高, 且治疗 2、6 周后试验组主动活动度高于对照组($P < 0.05$)。治疗 2、6、12 周后, 两组 HSS 膝关节评分均较治疗前升高, 且试验组评分高于对照组($P < 0.05$)。**结论** 阶梯化等速肌力训练联合常规康复治疗能更有效改善 TPF 患者术后早期疼痛、肌力、本体感觉及活动度, 加速膝关节功能恢复。

[关键词] 胫骨平台骨折; 阶梯化等速肌力训练; 疼痛; 本体感觉; 膝关节功能

[中图分类号] R687.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2026)04-0792-06

Effect of graded isokinetic muscle strength training on early knee joint functional recovery after tibial plateau fracture surgery*

LI Dengyao^{1,2}, MU Yang^{3△}, LUO Lun¹, ZANG Yaning¹

(1. Department of Rehabilitation Medicine, Chengdu Second People's Hospital,

Chengdu, Sichuan 610000, China; 2. Jinzhou Medical University, Jinzhou,

Liaoning 124000, China; 3. Department of Rehabilitation Medicine, Fuling

Hospital Affiliated to Chongqing University, Chongqing 408099, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the effect of graded isokinetic muscle strength training on early knee joint functional recovery after tibial plateau fracture (TPF, Schatzker types I - III) surgery. **Methods** A total of 66 patients diagnosed with tibial plateau fracture and treated with plate internal fixation at Chengdu Second People's Hospital from January 2024 to April 2025 were selected as study subjects. They were divided, according to a random number table, into a control group and an experimental group, with 33 cases in each group. The control group received conventional rehabilitation therapy, while the experimental group received additional graded isokinetic muscle strength training based on the control group's regimen. Both groups were treated for 12 weeks. The Visual Analogue Scale (VAS) was used to assess knee pain. Isokinetic muscle strength testing for knee muscle strength, proprioception, active range of motion (ROM), and the Hospital for Special Surgery (HSS) knee score were compared between the two groups before and after treatment. **Results** After 2, 6, and 12 weeks of treatment, the knee VAS scores of both groups decreased compared to before treatment, and the scores in the experimental group were lower than those in the control group at 2 and 6 weeks ($P < 0.05$). After 12 weeks of treatment, at angular velocities of $60^\circ/\text{s}$ and $120^\circ/\text{s}$, the peak torque (PT) and total work (TW) values for

* 基金项目: 四川省科技计划项目(2023YFS0021)。△ 通信作者, E-mail: mu888yang@163.com。

knee flexion and extension in the experimental group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). At positions of 15° , 45° , and 75° , the difference in knee joint repositioning angle in the experimental group was higher than that in the control group ($P < 0.05$). After 2, 6, and 12 weeks of treatment, the active ROM of the knee joint in both groups increased compared to before treatment, and the ROM in the experimental group was higher than that in the control group at 2 and 6 weeks ($P < 0.05$). After 2, 6, and 12 weeks of treatment, the HSS knee scores of both groups increased compared to before treatment, and the scores in the experimental group were higher than those in the control group at all time points ($P < 0.05$). **Conclusion** Graded isokinetic muscle strength training combined with conventional rehabilitation therapy can more effectively improve early postoperative pain, muscle strength, proprioception, and range of motion in patients with tibial plateau fracture, thereby accelerating functional recovery of the knee joint.

[Key words] tibial plateau fracture; graded isokinetic muscle strength training; pain; proprioception; knee joint function

胫骨平台是膝关节的关键结构,承担着传递膝踝关节间力量、维持下肢负重与行走功能的重要作用。近年来,胫骨平台骨折(tibial plateau fractures, TPF)的发病率不断上升。研究显示,TPF 占全身骨折的 $1\% \sim 2\%$,其中外侧平台骨折(Schatzker 分型为 I ~ III 型)占有 TPF 的 $55\% \sim 70\%$ ^[1-2]。临床上,TPF 常需通过手术重建结构稳定性^[3],但术后患者常出现关节活动受限、肌力下降及本体感觉减退等问题,导致平衡和步行能力下降,严重影响日常生活及工作^[4-5]。据统计,80% 的 TPF 术后患者存在不同程度的功能障碍^[6]。早期规范的康复训练对于恢复功能至关重要^[7]。WARSCHAWSKI 等^[8]指出,若术后未接受规范康复治疗,患者在术后 3 年内仍可能存在平衡与步行功能障碍,生活质量受到持续影响。目前,尽管 TPF 的治疗方法多样,但现有临床康复策略往往难以实现阶段化、个体化和量化训练,同时易忽视本体感觉的重建,部分患者疗效不佳^[9]。

阶梯化康复训练是一种根据患者功能恢复进程分阶段推进的渐进式训练模式,已在骨折术后康复中得到广泛应用。等速肌力训练因具备多种训练模式、恒定角速度、顺应性阻力及生物反馈等特点^[10],为实施阶梯化康复提供了良好条件。然而,目前将阶梯化等速肌力训练应用于 TPF 术后早期康复的研究较为

有限。因此,本研究旨在探讨 TPF 术后早期开展阶梯化等速肌力训练对膝关节功能恢复的临床疗效,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2024 年 1 月至 2025 年 4 月在成都市第二人民医院诊断为 TPF 且行钢板内固定术的 66 例患者为研究对象。纳入标准:(1)根据《胫骨平台骨折诊断与治疗的专家共识》^[11]诊断为 TPF,且 Schatzker 分型为 I ~ III 型(伸膝装置未受损);(2)新发、闭合性骨折;(3)钢板内固定术后骨折和伤口恢复良好;(4)年龄 18 ~ 60 岁;(5)自愿参与本试验。排除标准:(1)陈旧性骨折(病程 ≥ 3 个月)、多发或开放性骨折术后;(2)合并神经、血管损伤及骨筋膜室综合征或严重损伤;(3)伴有其他基础疾病,影响日常活动,如类风湿性关节炎、卒中等;(4)骨质疏松;(5)存在沟通或认知功能障碍,无法完成相关评定内容,对量表理解困难,不能判断自身情况;(6)伴有其他严重的原发性疾病。根据随机数字表法分为对照组和试验组,每组 33 例。本研究已通过成都市第二人民医院医学伦理委员会批准(审批号:202430),患者及家属均知情同意。两组一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。

表 1 两组一般资料比较

项目	试验组($n=33$)	对照组($n=33$)	$\chi^2/t/Z$	P
男/女(n/n)	23/10	24/9	0.074	0.786
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	44.36 \pm 7.71	41.91 \pm 6.61	1.388	0.170
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m^2)	23.21 \pm 3.64	23.45 \pm 3.27	-0.285	0.777
TPF 部位(n)			0.244	0.621
左	16	14		
右	17	19		
受伤到手术时间[$M(Q_1, Q_3)$, d]	4(4, 5)	4(3, 5)	-0.689	0.491
手术时间($\bar{x} \pm s$, min)	114.97 \pm 6.73	114.27 \pm 8.07	0.381	0.704

续表 1 两组一般资料比较

项目	试验组(n=33)	对照组(n=33)	$\chi^2/t/Z$	P
Schatzker 分型(n)			0.245	0.885
I 型	8	9		
II 型	16	14		
III 型	9	10		

1.2 方法

1.2.1 康复方案

对照组接受常规康复治疗,即物理治疗和康复训练,具体如下。(1)物理治疗:包括术后早期冰敷(术后 48 h 内、运动训练后)、蜡疗(术后 2 周左右开始使用,要求伤口愈合和炎症控制开始使用)、超声波治疗、中频电疗法等常规物理治疗。(2)康复训练:术后第 1 天待患者生命体征平稳即可开始康复训练;在整个康复训练周期内应避免产生膝关节内、外翻应力,且治疗时间、量以患者能耐受为准。包括抬高患肢减轻肢体肿胀;膝关节被动活动;股四头肌等长收缩;踝泵运动;髌骨松动;在康复医生辅助下完成膝关节屈伸活动,活动幅度从 0°扩大至 90°;力量和功能锻炼,如直腿抬高和末端伸膝练习;平衡与协调练习,如单腿站立,提高下肢稳定性;佩戴膝关节铰链支具或助行器开展早期负重训练,部分负重训练从 11.34 kg (25 磅)开始^[12]。力量与耐力训练,包括髌外展与伸展练习;康复医生指导下逐步增加负重训练;开展功能训练,如上下楼梯和坐起等功能性训练等。

试验组在对照组基础上接受阶梯化等速肌力训练。(1)选用 Biodex System-4 型等速肌力训练系统进行训练。①术后第 0~2 周:患者术后伤口良好(无感染、渗出,内固定稳定),即可开始等速持续被动运动训练。在行持续被动运动训练前,需评估患者膝关节活动,活动范围以患者出现轻微疼痛[视觉模拟量表(visual analog scale, VAS)<3 分]作为起始活动范围,随后根据患者情况进行调整,初始训练参数角速度 15°/s~<30°/s、力矩 10 N·m,持续被动运动活动以不影响伤口愈合、疼痛耐受为度,单次治疗 30 min,每天 1 次,每周 5 次。进阶标准:当患者满足以下条件时,可进入下一阶段训练,内固定稳定、伤口愈合良好,顺利拆线,对上一阶段治疗未出现不适、不耐受等情况,《疲劳度评价量表》得分>7 分。②术后第 3~6 周:主动辅助训练,关节活动范围参考第一阶段活动范围逐步增加至 90°,训练参数角速度于 30°/s~60°/s 内选取,要求患者在无痛或不产生明显疼痛的情况尽可能主动参与等速训练,6~10 次/组,共 6 组,组间歇 60 s,每日 1 次,每周 5 次。进阶标准:当患者满足以下条件时,可进行下一阶段训练,即内固定稳定、切口愈合良好、伤口无感染,对前一阶段治疗未出现不适、不耐受等不良反应,关节活动度达到 90°以上,《疲劳

度评价量表》得分>7 分。③术后第 7~12 周:参照速度谱练习方案进行等速向心训练^[13],活动范围 0~90°(开始活动度需参考第二阶段训练范围逐步增加)。初始训练强度设定:在本阶段训练实施前,需分别以 60°/s、120°/s 的角速度对患者进行 3~5 次低、中速峰力矩(peak torque, PT)测量,取其平均值作为基准,初始训练强度设定为该平均最大 PT 值的 60%~80%,结合患者伤口愈合情况及疼痛耐受程度对运动负荷进行动态调整。其中第 7~9 周:构建中等角速度梯度训练模型(120-150-180-150-120°/s),对应重复次数为 6-8-10-8-6 次。第 10~12 周:构建低、中等速角速度梯度训练模型(60-90-120-150-180-150-120-90-60°/s),对应重复次数为 6-6-8-8-10-8-8-6-6 次,每次 6 组,组间歇 60 s,每日 1 次,每周 5 次。分别于训练结束后和下次训练开始前,采用《疲劳度评价量表》评估患者疲劳度,具体如下:当次训练结束后,感觉身体非常沉重评为 1 分,感觉身体沉重评为 2 分,感觉舒适、正好评为 3 分,感觉轻松评为 4 分,感觉很轻松评为 5 分;下次训练前,没有恢复、很累或肌肉酸痛评为 1 分,累、肌肉僵硬评为 2 分,有一点累、即将恢复评为 3 分,恢复评为 4 分,完全恢复评为 5 分。两次得分相加,总分为 2~4 分时,应降低训练强度;总分为 5~7 分时,可继续按照原强度训练;总分≥8 分时,则可增加练习强度。

1.2.2 评估方法

于两组康复治疗前后进行疼痛、关节活动度、肌力、本体感觉及膝关节功能评定。其中, HSS 评分为膝关节功能恢复的直接指标,疼痛、关节活动度、肌力及本体感觉的改善情况为膝关节功能恢复的间接指标。(1)膝关节疼痛:采用 VAS 评估,0 分表示无痛,10 分表示无法忍受的剧烈疼痛,每例患者重复测量 3 次,取平均值。(2)肌力评定:采用 Biodex System-4 型等速肌力测试系统,以 PT 及总功(total work, TW)作为膝关节力量恢复的评价指标。测试时,膝关节活动范围为 0°~90°,运动速度分别设置为 60°/s 和 180°/s,并进行重力补偿以消除重力对测量结果的影响。要求患者以最大力量完成全范围膝关节屈伸活动,记录屈伸时的 PT 与 TW 值。每项指标重复测试 5 次,取平均值(等速肌力训练前后各时间点的测试方法保持一致)。由于等速设备对肌力测定需要患者进行主动抗阻活动,本体感觉测试要求膝关节活动度为

0~90°,考虑 TPF 术后早期无法安全、准确和规范地进行以上指标测试,故本研究选择在患者进行 12 周训练后进行测试,并比较两组之间的差异。(3)本体感觉评定:同样采用 Biodex System-4 型等速肌力测试系统进行。患者膝关节置于 90°屈曲位作为起始位置,佩戴眼罩和耳罩以消除视觉和听觉干扰。测试时将患膝被动放置于 15°、45°及 75°(指小腿与水平方向的夹角)3 个目标角度,每个角度停留 15 s,要求患者集中注意力感受该位置。随后,患者手持控制器,主动发力将膝关节屈曲至上述目标角度,记录实际复位角度与目标角度的差值。每个目标角度重复测量 3 次,组间休息 60 s。计算各目标角度差值的平均值,差值越小,代表膝关节位置感越佳。(4)膝关节主动活动度:采用 Biodex System-4 型等速肌力测试系统进行测量。患者坐于等速测试仪上,根据个体体型选择合适的坐垫与支撑装置,确保测试过程中体位稳定、舒适,并使膝关节旋转轴与设备转动轴对齐。测试前向患者说明测量流程,嘱其主动完成最大范围的膝关节屈伸运动。设备自动记录膝关节运动所产生的弧度范围,即膝关节主动活动度。每例患者重复测量 3 次,每次间隔 60 s,取平均值。(5)膝关节功能评分:采用美国特种外科医院(hospital for special surgery, HSS)膝关节功能量表进行评估。该量表从多维度对膝关节功能进行量化,具有良好的信度与效度^[14]。评估内容包括疼痛程度(30 分)、运动功能(22 分)、关节活动范围(18 分)、股四头肌肌力(10 分)、屈曲畸形程度(10 分)及关节稳定性(10 分)六大要素。总分范围为 0~100 分,根据得分将膝关节功能划分

为优秀(≥85 分)、良好(70~84 分)、中等(60~69 分)及差(≤59 分)4 个等级。

1.3 统计学处理

采用 SPSS24.0 软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示;计数资料以例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组膝关节 VAS 评分比较

治疗 2、6、12 周后,两组膝关节 VAS 评分较治疗前降低,且治疗 2、6 周后试验组 VAS 评分低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

2.2 两组等速肌力测试膝关节肌力、本体感觉结果比较

治疗 12 周后,在角速度 60°/s、120°/s 时,试验组膝关节屈伸 PT、TW 值高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$);在 15°、45°、75°位置时,试验组膝关节重现度数差值高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 3。

表 2 两组膝关节 VAS 评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

项目	试验组(n=33)	对照组(n=33)	t	P
治疗前	5.93±0.85	5.83±0.99	0.412	0.682
治疗 2 周后	3.03±0.84 ^a	3.86±0.74 ^a	-4.235	<0.001
治疗 6 周后	2.33±0.44 ^a	2.82±0.41 ^a	-4.656	<0.001
治疗 12 周后	1.62±0.37 ^a	1.67±0.18 ^a	-0.667	0.507

^a: $P < 0.05$, 与同组治疗前比较。

表 3 两组膝关节肌力、本体感觉测试结果比较($\bar{x} \pm s$)

项目	试验组(n=33)	对照组(n=33)	t	P
膝关节屈曲 PT 值(N·m)				
角速度 60°/s	53.01±6.89	45.66±7.06	4.279	<0.001
角速度 120°/s	41.21±5.49	34.37±5.97	4.843	<0.001
膝关节伸展 PT 值(N·m)				
角速度 60°/s	84.17±12.88	76.64±13.49	2.317	0.024
角速度 120°/s	64.67±9.30	52.10±9.95	5.299	<0.001
膝关节屈曲 TW 值(J)				
角速度 60°/s	42.36±3.73	35.41±3.61	7.684	<0.001
角速度 120°/s	31.03±3.25	25.54±2.89	7.243	<0.001
膝关节伸展 TW 值(J)				
角速度 60°/s	69.12±6.04	60.96±5.43	5.762	<0.001
角速度 120°/s	50.89±4.94	41.32±4.07	8.579	<0.001
膝关节重现度数差值(°)				
15°	2.02±0.55	2.40±0.48	-2.979	0.004
45°	3.22±0.73	4.50±1.02	-5.882	<0.001
75°	4.66±0.91	5.61±1.41	-3.238	0.002

2.3 两组膝关节主动活动度比较

治疗 2、6、12 周后,两组膝关节主动活动度较治疗前升高,且治疗 2、6 周后试验组主动活动度高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 4。

表 4 两组膝关节主动活动度比较($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

项目	试验组($n=33$)	对照组($n=33$)	t	P
治疗前	18.09±2.25	18.94±2.29	-1.516	0.134
治疗 2 周后	69.73±4.69 ^a	63.67±4.51 ^a	5.345	<0.001
治疗 6 周后	112.39±3.75 ^a	104.27±3.56 ^a	9.007	<0.001
治疗 12 周后	129.67±6.58 ^a	125.18±8.96 ^a	2.316	0.024

^a: $P < 0.05$,与同组治疗前比较。

2.4 两组 HSS 膝关节评分比较

治疗 2、6、12 周后,两组 HSS 膝关节评分较治疗前升高,且试验组评分高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 5。

表 5 两组 HSS 膝关节评分比较($\bar{x} \pm s$,分)

项目	试验组($n=33$)	对照组($n=33$)	t	P
治疗前	32.00±3.60	31.42±3.23	0.683	0.497
治疗 2 周后	42.36±4.40 ^a	39.15±4.58 ^a	2.902	0.005
治疗 6 周后	61.70±4.70 ^a	55.39±4.46 ^a	5.581	<0.001
治疗 12 周后	73.97±5.94 ^a	66.36±5.73 ^a	5.293	<0.001

^a: $P < 0.05$,与同组治疗前比较。

3 讨论

TPF 术后早期,患者常出现关节活动受限、肌力下降及本体感觉丧失等功能障碍,这些因素是影响膝关节功能恢复的关键。国内外学者普遍认为,尽早开展康复治疗是预防术后并发症、促进功能恢复的重要手段^[3,11,15]。研究指出,TPF 术后早期康复应通过早期主动与被动活动预防关节粘连、改善关节活动度^[16];开展阶段性、个体化的康复训练,以促进肌力强化与本体感觉恢复^[4]。

阶梯化等速肌力训练充分发挥等速技术的优势,包括角速度恒定、顺应性阻力、量化训练及生物反馈^[10],并结合阶梯化训练理念^[17],为 TPF 患者术后提供早期、阶段性、个体化的康复干预。本研究采用等速持续被动运动、主动辅助训练及等速向心训练 3 种模式,为 TPF 患者术后早期提供渐进式阶梯化训练方案。训练依托等速技术“角速度恒定”和“顺应性阻力”的特点,结合精准量化手段,确保训练过程的安全性、稳定性与个体化。训练初期采用等速持续被动运动进行缓慢、持续的被动关节活动,以减轻关节肿胀与疼痛、预防粘连、改善活动度,为后续主动训练创造条件。已有研究证实,术后早期应用等速持续被动运动训练可促进局部血液循环,加速肿瘤坏死因子- α 、IL-6 等炎症因子代谢,减少胶原沉积,从而有效缓解疼痛、预防粘连,促进功能恢复^[18]。训练中期和后期采用“被动-主动辅助-主动抗阻”的阶梯式训练模式,

逐步提升训练强度。在主动辅助训练阶段,借助等速设备提供的辅助力量,为患者构建安全、稳定且个体化的主动辅助训练环境;后期则逐步过渡至等速向心抗阻训练,以循序渐进方式强化膝关节肌力与耐力。研究表明,科学的抗阻训练可提升训练肌群的肌糖原储备与线粒体酶活性,增强肌细胞代谢能力^[19];同时,等速肌力训练有助于促进肌肉结构重塑,增加肌纤维直径,并诱导肌纤维类型由 I 型向 II 型转化^[20-21]。此外,分阶段、渐进式的运动训练能够改善神经调节功能,提升神经-肌肉连接效率,增强运动单位的募集能力,从而加强神经系统对患侧膝关节的控制^[22]。上述生理机制共同促进肌力与耐力的恢复。

阶梯化等速肌力训练还可通过对肌肉与肌腱施加不同类型与强度的牵拉及阻力刺激,有效激活肌梭与腱梭(高尔基腱器),从而提升膝关节周围肌肉的本体感觉功能^[23-24]。同时,等速设备通过计算机图像实时反馈训练数据,利用视觉信息向中枢神经系统传递更为丰富的感觉信号,增强对本体感受器的刺激,优化运动控制通路,进一步促进本体感觉的恢复^[25-26]。

综上所述,阶梯化等速肌力训练联合常规康复治疗应用于 TPF 术后早期,可更有效地改善患者的疼痛、肌力、本体感觉及关节活动度,促进膝关节功能恢复。本研究亦存在一定局限性:作为临床随机对照试验,样本量较小,随访时间仅为 12 周,难以对患者远期功能恢复及慢性并发症发生情况进行系统评估。此外,该训练模式是否适用于 Schatzker 分型为 IV~VI 型的复杂类型骨折患者,尚缺乏充分的临床数据支持。后续研究可扩大样本量,以验证研究结果的稳健性与推广价值。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 王明星,李杰,胡月,等. E-PASS 评分预测胫骨平台骨折患者术后并发症和住院时间延长风险研究[J]. 中国骨与关节杂志, 2025, 14(4): 360-365.
- [2] LI K, ZHANG S, QIU X, et al. Optimal surgical timing and approach for tibial plateau fracture [J]. Technol Health Care, 2022, 30(Suppl. 1): 545-551.
- [3] 白求恩·骨科加速康复联盟,白求恩公益基金会创伤骨科专业委员会,白求恩公益基金会关节外科专业委员会,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[J]. 中华创伤骨科杂志, 2020, 22(10): 829-840.
- [4] ILIOPOULOS E, GALANIS N. Physiotherapy after tibial plateau fracture fixation: a systematic review of the literature [J]. SAGE Open

- Med, 2020, 8; 2050312120965316.
- [5] 李众, 李强. 关节镜辅助下锁定空心螺钉固定术对胫骨平台骨折患者膝关节功能和疼痛因子的影响[J]. 中国内镜杂志, 2025, 31(2): 25-30.
- [6] REÁTIGA AGUILAR J, RIOS X, GONZÁLEZ EDERY E, et al. Epidemiological characterization of tibial plateau fractures[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 106.
- [7] 王正宇, 孙宝平, 苏文珍. 智能化膝关节康复仪结合持续被动活动对胫骨平台骨折术后康复效果的影响[J]. 医学临床研究, 2022, 39(3): 419-421.
- [8] WARSCHAWSKI Y, ELBAZ A, SEGAL G, et al. Gait characteristics and quality of life perception of patients following tibial plateau fracture[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2015, 135(11): 1541-1546.
- [9] PARKKINEN M, LINDAHL J, MÄKINEN T J, et al. Predictors of osteoarthritis following operative treatment of medial tibial plateau fractures[J]. Injury, 2018, 49(2): 370-375.
- [10] CHENG L, CHANG S, QIAN L, et al. Extracorporeal shock wave therapy for isokinetic muscle strength around the knee joint in athletes with patellar tendinopathy[J]. J Sports Med Phys Fitness, 2019, 59(5): 822-827.
- [11] 中华创伤骨科杂志编辑委员会. 胫骨平台骨折诊断与治疗的专家共识[J]. 中华创伤骨科杂志, 2015, 17(1): 3-7.
- [12] 迈克尔·苏克. 骨折治疗与康复[M]. 蔡斌, 戴闵, 张新涛, 主译. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2023.
- [13] 周凌峰, 郑晓, 汤雨婷, 等. 髓外展肌等速训练联合合理筋整复手法治疗膝骨关节炎的临床研究[J]. 中医正骨, 2025, 37(12): 1-7.
- [14] KAHLENBERG C A, NWACHUKWU B U, MEHTA N, et al. Development and validation of the hospital for special surgery anterior cruciate ligament postoperative satisfaction survey[J]. Arthroscopy, 2020, 36(7): 1897-1903.
- [15] 王亮, 苏金平, 于鹏. 胫骨平台骨折术后膝关节功能的相关影响因素[J]. 临床骨科杂志, 2024, 27(2): 265-269.
- [16] 施政良, 李彦林, 阮朝晖, 等. 后交叉韧带重建术后加速康复研究进展[J]. 中国修复重建外科杂志, 2025, 39(12): 1591-1599.
- [17] 薛凤卿, 李民, 张陆. 阶梯式康复训练在胫骨平台骨折术后康复中的应用效果分析[J]. 中国烧伤创疡杂志, 2023, 35(2): 154-157.
- [18] PAUNGMALI A, JOSEPH L H, PUNTUREE K, et al. Immediate effects of core stabilization exercise on β -endorphin and cortisol levels among patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized crossover design[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2018, 41(3): 181-188.
- [19] 宣磊, 吴建贤, 潘家武. 等速技术在康复医学领域中的研究进展[J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(7): 788-792.
- [20] 周娟, 朱俊美, 梁俊妮. 等速肌力训练对 TKA 患者术后下肢肌力恢复的影响[J]. 东南国防医药, 2022, 24(5): 540-542.
- [21] 陈建新, 田心宇, 张键. 等速离心训练对肩关节内外旋肌的肌力平衡及神经肌肉控制能力的影响[J]. 中国全科医学, 2023, 26(12): 1485-1490.
- [22] 张浩天, 边巴. 等速技术对膝关节功能应用的研究进展[J]. 西藏医药, 2019, 40(3): 149-152.
- [23] 刘梦雨. “三相式”力量训练对青少年男子短跑运动员下肢爆发力的影响研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2021.
- [24] 邓皓月, 夏小凤, 刘洁, 等. 4R 技术联合俯卧位五向颈部肌力训练治疗颈型颈椎病的疗效观察[J]. 重庆医学, 2025, 54(11): 2492-2496, 2502.
- [25] 刘强, 杨曼, 熊小云, 等. 本体感觉训练对膝关节骨性关节炎患者全膝关节置换术后本体感觉及膝关节功能的影响[J]. 新乡医学院学报, 2021, 38(2): 180-183.
- [26] 刘俊华, 杨凌, 杨冬. 本体感觉与运动控制研究进展[J]. 生理科学进展, 2021, 52(4): 259-264.

(收稿日期: 2025-06-28 修回日期: 2025-10-28)

(编辑: 袁皓伟)