

跳马训练所致膝前交叉韧带损伤与临床转归分析[△]徐健^{1a}, 李中耀², 吴毅东², 甘露², 于康康², 许金芳³, 曹丽^{1b}, 董晨辉^{1a*}, 李春宝²

(1. 解放军联勤保障部队第九四〇医院, a: 运动医学科; b: 神经外科, 甘肃兰州 730050; 2. 解放军总医院第四医学中心骨科医学部, 北京 100853; 3. 解放军海军军医大学军队卫生统计学教研室, 上海 200435)

摘要: [目的] 探讨跳马训练致膝前交叉韧带损伤 (anterior cruciate ligament injury, ACLI) 的风险因素和术后复训效果。[方法] 回顾性分析 2019 年 10 月 1 日—2022 年 10 月 31 日联勤保障部队第九四〇医院收治的因跳马训练致 ACLI 的伤员, 比较其一般信息、损伤情况、随访及复训等资料。[结果] 纳入 356 例因跳马训练致膝关节损伤伤员, 其中跳马一训练致伤 117 例, 跳马二训练致伤 158 例, 跳马三训练致伤 81 例。与术前相比, 术后不同年龄 [<25 岁组, (4.2 ± 1.7) , (0.3 ± 0.8) , $P<0.001$; ≥ 25 岁组, (4.4 ± 1.5) , (0.4 ± 0.8) , $P<0.001$]、不同职级 [士兵组, (4.3 ± 1.6) , (0.3 ± 0.8) , $P<0.001$; 军官组, (4.5 ± 1.4) , (0.4 ± 1.0) , $P<0.001$]、不同伤后时间 [急性期组, (6.0 ± 1.3) , (0.6 ± 1.4) , $P<0.001$; 亚急性期, (4.9 ± 0.8) , (0.4 ± 0.6) , $P<0.001$; 慢性期组, (3.2 ± 1.1) , (0.3 ± 0.8) , $P<0.001$] VAS 评分均显著改善。与术前相比, 术后不同年龄 [<25 岁组, (52.8 ± 4.8) , (89.7 ± 5.5) ; $P<0.001$; ≥ 25 岁组, (53.2 ± 4.1) , (89.5 ± 5.5) , $P<0.001$]、不同职级 [士兵组, (53.1 ± 4.4) , (89.5 ± 5.3) ; $P<0.001$; 军官组, (52.9 ± 4.5) , (89.9 ± 6.2) , $P<0.001$]、不同伤后时间 [急性期组, (53.5 ± 4.0) , (90.2 ± 5.6) , $P<0.001$; 亚急性期, (52.5 ± 4.1) , (89.3 ± 5.8) , $P<0.001$; 慢性期组, (53.1 ± 4.7) , (89.5 ± 5.2) , $P<0.001$] Lysholm 评分均显著改善。与术前相比, 术后不同年龄 [<25 岁组, $(92.0\pm 13.4)^\circ$, $(132.0\pm 6.0)^\circ$, $P<0.001$; ≥ 25 岁组, $(90.1\pm 11.2)^\circ$, $(131.9\pm 5.7)^\circ$, $P<0.001$]、不同职级 [士兵组, $(90.3\pm 11.8)^\circ$, $(132.1\pm 5.8)^\circ$; $P<0.001$; 军官组, $(94.0\pm 13.4)^\circ$, $(131.2\pm 5.7)^\circ$, $P<0.001$]、不同伤后时间 [急性期组, $(92.4\pm 13.1)^\circ$, $(132.3\pm 6.5)^\circ$, $P<0.001$; 亚急性期, $(90.4\pm 12.8)^\circ$, $(131.5\pm 5.5)^\circ$, $P<0.001$; 慢性期组, $(90.7\pm 11.3)^\circ$, $(132.1\pm 5.6)^\circ$, $P<0.001$] ROM 均显著改善。不同年龄段、不同职级、伤后不同时间段、不同致伤科目间在主要评估指标上差异无统计学意义 ($P>0.05$)。随访期间 356 例伤员中达到复训标准 99 例 (27.8%), 平均需 16 个月恢复至复训状态。[结论] 跳马训练是 ACLI 的重要致病因素, ACLR 术后患者的膝关节功能恢复良好, 但伤后恢复周期长、复训率低。

关键词: 军事训练, 跳马训练, 前交叉韧带损伤, 复训, 预防

中图分类号: R686 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2024) 12-1075-08

Analysis of cause and clinical outcome of knee anterior cruciate ligament injury by vault training // XU Jian^{1a}, LI Zhong-yao², WU Yi-dong², GAN Lu², YU Kang-kang², XU Jin-fang³, CAO Li^{1b}, DONG Chen-hui^{1a}, LI Chun-bao². 1a. Department of Sports Medicine, 1b. Department of Neurosurgery, The 940th Hospital, Joint Logistic Support Force of PLA, Lanzhou 730050, China; 2. Department of Orthopedic Medicine, The Fourth Medical Center, PLA General Hospital, Beijing 100853, China; 3. Department of Military Health Statistics, Naval Medical University, Shanghai 200435, China

Abstract: [Objective] To investigate the risk factors of anterior cruciate ligament injury (ACLI) caused by vault training and the effect of postoperative rehabilitation training. **[Methods]** A retrospective study was done on the patients who underwent arthroscopic ACL reconstruction for ACLI due to vault training in The 940th Hospital, Joint Logistics Support Force of PLA from October 1, 2019 to October 31, 2022. The data regarding their general information, injury status, follow-up and re-training data were compared. **[Results]** A total of 356 patients with knee joint injury caused by vault training were included into this study, including 117 patients with knee joint injury caused by vault training I, 158 patients with knee joint injury caused by vault training II and 81 patients with knee joint injury caused by vault training III. The VAS score, Lysholm score and ROM were significantly improved in the patients after operation compared with those preoperatively ($P<0.05$). However, there were no significant differences in the main evaluation parameters, including different age, different military ranks, different time periods after injury and different injury subjects ($P>0.05$). During the follow-up, 99 (27.8%) of the 356 patients reached the standard of re-training, and it took an average of 16 months to recover to the state of re-training. **[Conclusion]** Vault training is

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110174

△ 基金项目: 军委科技委专项项目 (编号: 223-CXCY-M113-01-17-01); 全军后勤科研项目 (编号: CLB21J035); 军队科研项目 (编号: 2021yxky020); 重大需求培育资助项目 (编号: 31920220108); 军队护理创新与培育专项计划项目 (编号: 2021HL064)

作者简介: 徐健, 医师, 硕士研究生, 研究方向: 运动医学与军事训练伤防控的研究, (电子信箱) xujian9997@163.com

* **通信作者:** 董晨辉, (电子信箱) dong.chenhui@outlook.com

an important cause of ACLI. Although the patients are well recovered in clinic state, the recovery period after injury is long and the re-training rate is low.

Key words: military training, vault training, ACL injury, re-training, prevention

在现代军事训练中，膝前交叉韧带损伤（anterior cruciate ligament injury, ACLI）发生率显著上升^[1,2]，这类损伤不仅短期内严重影响受伤者的运动功能，长期还可能引起关节稳定性下降，且早期易发展成关节炎，从而严重削弱生活质量。跳马训练因其高风险性在军事训练的众多科目中尤为显著。跳马训练要求参训者完成一系列复杂动作如跳跃和翻越，这些动作中的剧烈身体冲击及不规则运动模式极易导致 ACLI。然而，关于跳马训练引发 ACLI 的系统研究仍相对匮乏。现有研究对其致伤机制、风险因素、临床表现和治疗后的转归认识不足，限制了有效预防措施的制定和治疗策略的优化。本研究通过回顾性分析跳马训练中引发的 ACLI 案例，探讨其致伤因素、临床表现及训练后恢复情况，以期制定针对性的预防和治疗策略提供实证基础，从而改善防治效果，提高受伤官兵的恢复效率。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：（1）因跳马训练致伤的男性军人；（2）关节镜下确诊为 ACLI；（3）行前交叉韧带重建（anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR）手术治疗。

排除标准：（1）无法接受长期随访；（2）同侧下肢手术史；（3）合并创伤性关节炎、感染等其他合并症。

1.2 一般资料

回顾性分析 2019 年 10 月 1 日—2022 年 10 月 31 日联勤保障部队第九四〇医院运动医学科收治的 ACLI 患者的临床资料，356 例符合上述标准，纳入本研究。随访时间在 12 个月以上，达到复训标准终止随访。本研究通过本院科研管理伦理委员会批准，所有研究对象均已知情同意。

1.3 手术方法

全麻下仰卧位，于大腿根部放置气压止血带，设定压力为 40 KPa，并持续 90 min。手术区域进行常规消毒和铺设无菌巾。使用穿刺针从髌骨外侧刺入位于髌骨和股骨之间的髌上囊，注入含肾上腺素的生理盐水溶液进行局部血管收缩。通过髌骨下极髌韧带两

侧入路引入关节镜；清理髌股关节及髌上囊和内外侧关节间隙。在右膝胫骨近端内侧鹅足处进行纵行切口，长约 3 cm，逐层切开皮肤、皮下、深筋膜等组织，裁取股薄肌及半腱肌肌腱两根备用（图 1c）。将半腱肌肌腹端 1/3 折叠并用加强缝线加固（图 1d），与股薄肌肌腱重合并牵引，两端使用双螺钉固定系统固定，并将肌腱穿于可调节钛板袢内，保护对折肌腱。在髌间窝外侧壁进行股骨定位并打入导针和钻，建立股骨隧道。将前交叉韧带重建胫骨定位器放入关节腔内，并沿胫骨导针建立胫骨隧道。使用硫酸庆大霉素和生理盐水冲洗移植物，将移植物股骨端牵引线放入胫骨隧道，完成股骨端固定，并用挤压钉固定胫骨端。关节镜下观察前交叉韧带移植物两端完全进入隧道，张力良好（图 1f）。合并内、外侧副韧带损伤的伤员行锚钉修复术后石膏固定，合并半月板损伤的伤员行半月板损伤修整术。使用等离子刀清理、止血，并反复冲洗活动膝关节，确认无明显撞击或碎屑。进行镇痛和抗炎。伤口缝合并加压包扎，膝关节固定于 0°位。

1.4 评价指标

记录一般资料，包括年龄、BMI、军龄、体能水平。记录损伤资料，包括损伤的训练科目、损伤至手术时间、损伤部位、合并伤。采用疼痛视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）、Lysholm 评分、抽屉试验评分及膝关节主动活动度（range of motion, ROM）评价患者临床状态。记录是否复训和复训时间。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；多组间比较采用单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验，组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总体情况

研究共纳入 356 名男性伤员，其中跳马一训练致伤 117 例（32.9%），跳马二 158 例（44.4%），跳马

三 81 例 (22.8%)。合并伤包括：内侧副韧带损伤 18 例 (5.1%)，外侧副韧带损伤 2 例 (0.6%)，内侧半月板损伤 81 例 (22.8%)，外侧半月板损伤 138 例 (38.8%)，膝关节损伤三联症 (knee injury triad, KIT) 14 例 (3.9%)。所有伤员均顺利完成手术，无

感染、血栓等早期并发症。所有伤员均获随访 12~36 个月，研究过程中无失访，全部进入结果分析。随访期间达到复训标准 99 例 (27.8%)，复训时间为术后 (15.8±4.5) 个月。

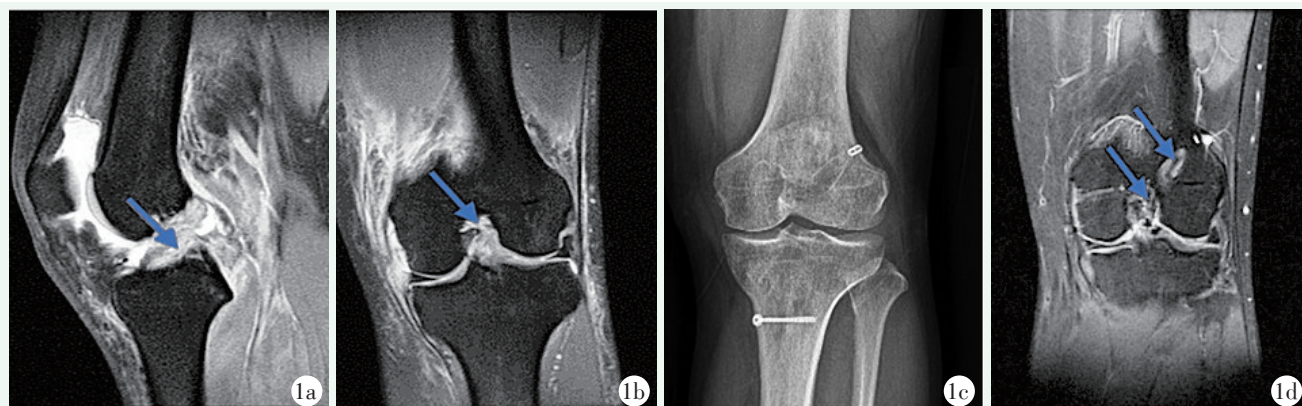


图 1. 患者男性，31 岁，跳马训练致左膝 ACLI。1a, 1b: 术前膝 MRI 检查提示左膝前交叉韧带连续性中断，胫骨近端髓质水肿，内侧副韧带部分损伤；1c: 行自体腘绳肌腱 ACL 重建术后复查 X 线片提示骨隧道和内固定物位置良好；1d: 术后 1 年复查 MRI 提示左膝前交叉韧带重建术后，韧带信号良好。

Figure 1. A 31-year-old male suffered from left knee ACLI secondary to vault training. 1a, 1b: Preoperative MRI indicated discontinuity of the anterior cruciate ligament of the left knee, proximal tibial medullary edema, and partial injury of the medial collateral ligament; 1c: X-ray after ACL reconstruction with autologous hamstring tendon graft revealed bone tunnels and implants in proper positions; 1d: MRI 1 year after surgery indicated good signal of the reconstructed ACL of the left knee.

2.2 不同年龄段比较

按年龄将伤员分为 <25 组 145 例，≥25 岁组 211 例。两组在军龄、职级、体能水平、致伤科目、膝部损伤、合并伤、手术时间、术前及末次随访 VAS 评分、Lysholm 评分、抽屉试验评分及膝部伸-屈 ROM 等方面的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。然而，<25 岁组在损伤至手术时间、复训时间及 BMI 方面显著低于 ≥25 岁组 ($P<0.05$)，复训者比例也显著增加 ($P<0.05$)。治疗后，两组的 VAS 评分、膝部 ROM、Lysholm 评分及抽屉试验评分均显著改善 ($P<0.05$)。

2.3 不同职级比较

按职级将伤员分为士兵组 294 例，军官组 62 例。两组在年龄、体能水平、BMI、损伤至手术时间、致伤科目、膝部损伤、合并伤、手术时间、是否复训、复训时间、术前及末次随访的 VAS 评分、Lysholm 评分、抽屉试验评分等方面差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。士兵组的军龄显著短于军官组 ($P<0.05$)。治疗后，两组伤员的 VAS 评分、膝伸-屈 ROM、Lysholm 评分及抽屉试验评分均显著改善 ($P<0.05$)。

2.4 不同伤后时间段比较

按伤后时间段将伤员分为急性期组 77 例，亚急

性期组 104 例，慢性期组 175 例。各组在年龄、军龄、体能水平、致伤科目、膝部损伤、手术时间、是否复训、术前及末次随访的 Lysholm 评分、抽屉试验评分、膝伸-屈 ROM 等方面的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。急性期组的 BMI 显著高于其他两组，亚急性期组的合并伤显著多于急性期组和慢性期组；慢性期组的复训时间显著短于急性期组和亚急性期组。此外，急性期组的 VAS 评分在术前显著高于其他两组。治疗后，三组伤员的 VAS 评分、膝部伸屈 ROM、Lysholm 评分及抽屉试验评分均有显著改善 ($P<0.05$)。

2.5 不同致伤科目比较

按致伤科目将伤员分为跳马一组 117 例，跳马二组 158 例，跳马三组 81 例。三组在年龄、军龄、职级、体能水平、BMI、膝部损伤、合并伤、手术时间、是否复训、复训者复训时间、术前及末次随访的 VAS 评分、Lysholm 评分、抽屉试验评分、膝主动 ROM 等方面差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。跳马三组的损伤至手术时间显著短于其他两组 ($P<0.05$)。治疗后，各组伤员的 VAS 评分、膝伸-屈 ROM、Lysholm 评分及抽屉试验评分均显著改善 ($P<0.05$)。

表 1. 不同年龄段伤员资料比较

Table 1. Comparison of data of patients in different ages

指标	<25 岁组 (n=145)	≥25 岁组 (n=211)	P 值
军龄 (年, $\bar{x} \pm s$)	6.5±4.9	7.4±4.9	0.090
职级 (例, 士兵/军官)	118/27	176/35	0.619
体能水平 (例, 优/良/可/差)	29/37/62/17	41/73/82/15	0.198
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	21.7±3.0	23.3±2.8	<0.001
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	102.2±132.5	185.3±488.2	0.046
致伤科目 (例, 跳马一/跳马二/跳马三)	54/60/31	63/98/50	0.346
膝损伤 (例, 左/右/双)	75/68/2	106/101/4	0.909
合并伤 (例, 无/MCL/LCL/mM/IM/dM/KIT)	52/8/1/28/49/2/5	47/10/1/53/89/2/9	0.174
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	89.6±17.6	90.1±16.9	0.524
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	4.2±1.7	4.4±1.5	0.282
末次随访	0.3±0.8	0.4±0.8	0.174
P 值	<0.001	<0.001	
Lysholm 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	52.8±4.8	53.2±4.1	0.314
末次随访	89.7±5.5	89.5±5.5	0.747
P 值	<0.001	<0.001	
抽屉试验 (膝, 0/1+/2+/3+)			
术前	0/11/105/29	0/24/147/40	0.422
末次随访	134/11/0/0	189/22/0/0	0.365
P 值	<0.001	<0.001	
膝伸-屈 ROM ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)			
术前	92.0±13.4	90.1±11.2	0.186
末次随访	132.0±6.0	131.9±5.7	0.910
P 值	<0.001	<0.001	
是否复训 (例, 是/否)	113/32	144/67	0.045
复训者复训时间 (月, $\bar{x} \pm s$)	14.3±4.0	16.6±4.6	0.019

3 讨论

本研究共纳入 356 例因跳马训练致 ACLI 伤员。其中, 跳马一致伤的比例为 32.9%, 跳马二致伤占 44.4%, 跳马三科目致伤占 22.8%, 发生 KIT 的伤员占总数的 3.9%。这些伤员接受 ACLR 手术后, 膝关节功能恢复良好, 平均需要 16 个月的时间恢复至复训状态, 复训率为 27.8%。这些数据间接反映了伤情的严重程度, 凸显了跳马训练的潜在危害性, 以及对伤员工作和生活质量的重大影响^[3]。

KIT 通常是由严重暴力撞击造成的伤害。跳马训练时, 跳下落地瞬间, 膝关节需承受巨大的冲击力。同时, 由于伤员对跳马的长度、高度评估不足, 或是个人力量的不足以及与跳马的碰撞, 这些因素共同作用, 导致在落地时双脚着地时间不同步、肢体肌肉未能及时收缩提供必要支持, 最终引发单侧膝关节的外翻内旋, 从而导致 KIT 的发生^[4-7]。

表 2. 不同职级伤员资料比较

Table 2. Comparison of data of patients in different military ranks

指标	士兵组 (n=294)	军官组 (n=62)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	26.6±5.0	26.0±4.4	0.368
军龄 (年, $\bar{x} \pm s$)	6.6±4.8	9.0±5.1	<0.001
体能水平 (例, 优/良/可/差)	57/86/122/29	13/24/22/3	0.328
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	22.7±3.0	22.4±2.8	0.386
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	145.8±391.4	178.2±367.4	0.551
致伤科目 (例, 跳马一/跳马二/跳马三)	92/134/68	25/24/13	0.383
膝损伤 (例, 左/右/双)	153/136/5	28/33/1	0.606
合并伤 (例, MCL/LCL/mM/IM/dM/KIT)	82/16/2/67/112/4/11	17/2/0/14/26/0/3	0.908
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	90.7±17.0	88.0±17.9	0.262
VAS 评分 ($\bar{x} \pm s$)			
术前	4.3±1.6	4.5±1.4	0.316
末次随访	0.3±0.8	0.4±1.0	0.947
P 值	<0.001	<0.001	
Lysholm 评分 ($\bar{x} \pm s$)			
术前	53.1±4.4	52.9±4.5	0.707
末次随访	89.5±5.3	89.9±6.2	0.252
P 值	<0.001	<0.001	
抽屉试验 (膝, 0/1+/2+/3+)			
术前	0/28/209/57	0/7/43/12	0.822
末次随访	267/27/0/0	56/6/0/0	0.903
P 值	<0.001	<0.001	
膝伸-屈 ROM ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)			
术前	90.3±11.8	94.0±13.4	0.030
末次随访	132.1±5.8	131.2±5.7	0.243
P 值	<0.001	<0.001	
是否复训 (例, 是/否)	77/217	22/40	0.138
复训者复训时间 (月, $\bar{x} \pm s$)	15.5±4.6	16.8±4.3	0.241

近年来, 我军逐步建立起一套完善的训练伤害监测体系, 对训练中的伤害特点、分布规律及防治策略进行了深入研究, 并已显著提高了新训学员的训练成绩。目前跳马训练伤相关报道较少^[8, 9], 本研

究揭示了跳马训练中的高致伤及致残率。跳马训练科目具体包括：跳马一（屈腿腾越横跳马）、跳马二（分腿腾越横跳马）和跳马三（分腿腾越纵跳马）。本研究还对跳马训练中的致伤因素进行了详细分析，并

绘制了相关因素的图解（图 2），这对于有效避免跳马训练伤害具有重要作用。此外，运动性疲劳^[10]、性别^[11]、髌膝关节屈伸度^[12]也是导致部队官兵在跳马训练中出现 ACLI 的重要因素。

表 3. 不同伤后时间段伤员资料比较

Table 3. Comparison of data of patients in different time intervals after injury

指标	急性期组 (n=77)	亚急性期组 (n=104)	慢性期组 (n=175)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	27.5±5.3	26.1±4.8	26.2±4.8	0.118
军龄 (年, $\bar{x} \pm s$)	7.1±4.9	7.3±5.1	6.9±4.8	0.748
职级 (例, 士兵/军官)	68/9	78/26	148/27	0.041
体能水平 (例, 优/良/可/差)	8/26/35/8	22/33/40/9	40/51/69/15	0.465
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.0±3.0	22.6±3.0	22.1±2.7	<0.001
致伤科目 (例, 跳马一/跳马二/跳马三)	28/31/18	33/53/18	56/74/45	0.421
膝损伤 (例, 左/右/双)	32/44/1	58/43/3	91/82/2	0.243
合并伤 (例, 无/MCL/LCL/mM/IM/dM/KIT)	8/6/1/10/44/0/8	32/6/0/20/40/2/4	59/6/1/51/54/2/2	<0.001
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	90.6±17.8	88.9±17.2	90.9±17.0	0.611
VAS 评分 ($\bar{x} \pm s$)				
术前	6.0±1.3	4.9±0.8	3.2±1.1	<0.001
末次随访	0.6±1.4	0.4±0.6	0.3±0.8	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
Lysholm 评分 ($\bar{x} \pm s$)				
术前	53.5±4.0	52.5±4.1	53.1±4.7	0.446
末次随访	90.2±5.6	89.3±5.8	89.5±5.2	0.669
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
抽屉试验 (膝, 0/1+/2+/3+)				
术前	0/7/60/10	0/10/73/21	0/18/119/38	0.534
末次随访	67/10/0/0	93/11/0/0	163/12/0/0	0.262
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
膝伸-屈 ROM (°, $\bar{x} \pm s$)				
术前	92.4±13.1	90.4±12.8	90.7±11.3	0.519
末次随访	132.3±6.5	131.5±5.5	132.1±5.6	0.620
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
是否复训 (例, 是/否)	53/24	73/31	131/44	0.533
复训时间 (月, $\bar{x} \pm s$)	16.9±4.6	16.8±4.5	14.5±4.2	0.033

跳马训练致 ACLI 的因素主要分为外界因素和自身因素。外界因素涉及训练器材的原因以及训练者的熟练程度低。例如，在跳马训练落地时，由于缓冲垫冲击力的移位常导致身体失去平衡，此类伤害在日常训练中较为常见。因此，训练前进行设备检查及缓冲垫的固定，是预防此类伤害简单且有效的措施。自身因素包括基本的防伤意识薄弱、身体素质较差、指导

不严谨以及长时间的疲劳训练等，这些因素在训练过程中难以完全避免。为有效降低训练中的伤害发生率，并提高训练效果，本研究基于致伤因素的分析，提出以下 7 点防治要点：（1）训练前进行充分的热身运动^[13]；（2）加强下肢和核心肌群的力量训练^[14, 15]；（3）采用科学的训练方法，训练应循序渐进，避免急于求成和疲劳训练^[16]；（4）利用教学视

频观摩和动作要领讲解，减少因技术不熟练导致的误伤^[17]；(5) 强调正确使用防护措施^[14]，如护膝等，在特殊区域放置防滑软垫或沙地，以有效缓冲冲击力，减少伤害；(6) 加强训练伤的宣教，预防为主；

(7) 一旦发生损伤，应早诊断和早治疗，以预防继发性损伤^[20, 21]。通过上述措施的实施，可以有效地提升训练安全性和效果，进而促进官兵的身体健康和战斗力的提升^[18, 19]。

表 4. 不同致伤科目伤员资料比较
Table 4. Comparison of casualty data from different injury causes

指标	跳马一 (n=117)	跳马二 (n=158)	跳马三 (n=81)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	25.9±4.9	26.6±4.9	27.1±5.0	0.222
军龄 (年, $\bar{x} \pm s$)	7.4±4.6	6.9±4.9	6.8±5.3	0.584
职级 (例, 士兵/军官)	92/25	134/24	68/13	0.383
体能水平 (例, 优/良/可/差)	22/34/54/7	34/51/56/17	14/25/34/8	0.603
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	22.7±2.7	22.4±2.9	23.1±3.2	0.263
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	118.8±217.4	119.7±235.5	260.6±686.8	0.015
膝损伤 (例, 左/右/双)	66/51/0	78/76/4	37/42/2	0.302
合并伤 (例, 无/MCL/LCL/mM/IM/dM/KIT)	37/7/0/21/47/1/4	36/9/0/43/62/1/7	26/2/2/17/29/2/3	0.210
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	89.8±17.7	91.1±16.6	89.3±17.8	0.700
VAS 评分 ($\bar{x} \pm s$)				
术前	4.4±1.7	4.3±1.5	4.2±1.5	0.667
末次随访	0.4±0.9	0.4±0.8	0.2±0.6	0.351
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
Lysholm 评分 ($\bar{x} \pm s$)				
术前	53.3±4.5	53.0±4.3	52.7±4.5	0.614
末次随访	89.5±5.3	89.6±5.7	89.5±5.4	0.976
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
抽屉试验 (膝, 0/1+/2+/3+)				
术前	0/12/82/23	0/13/116/29	0/10/54/17	0.988
末次随访	107/10/0/0	144/14/0/0	72/9/0/0	0.807
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
膝伸-屈 ROM ($^\circ$, $\bar{x} \pm s$)				
术前	92.1±13.6	89.7±11.5	91.8±11.1	0.206
末次随访	131.0±6.4	132.5±5.3	132.2±5.7	0.100
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
是否复训 (例, 是/否)	88/29	114/44	55/26	0.529
复训时间 (月, $\bar{x} \pm s$)	16.2±4.1	15.7±4.7	15.7±4.8	0.883

本研究存在一定的局限性，采用回顾性分析方法，存在选择性偏倚，且为单一中心研究，无多中心数据支持；本研究随访时间相对较短，可能无法全面评估长期治疗效果和复训成效；随访过程中受多种外部不可控因素影响，伤员随访的时间和次数可能存在偏倚。因此，未来研究应根据伤员的随访情况继续进行长期跟进，并努力建立更有效的沟通机制，以最大

限度减少此类损伤的发生。

综上所述，跳马训练是 ACLI 的重要风险因素，尤其在技术不熟练和缺乏适当防护措施的情况下。ACLR 术后患者的膝关节功能恢复良好，但伤后恢复周期长、复训率低。在训练过程中，应严格核查训练器械及场地设置，并采取有效的预防措施，以降低 ACLI 的发生率。

跳马训练分类	动作要点及伤情分析
<p>跳马 1 练习</p> 	<p>(屈腿腾越横跳马) 动作要领: 1a: 助跑、踏板; 1b: 起跳; 1c: 撑马、提臀、屈膝靠胸; 1d: 手推马后; 1e: 腿前伸、上体振起、挥臀挺身下; 1f: 并腿落地。</p> <p>伤情分析: 此类型受伤共计 117 人, 其中 49 人为 1d 动作致伤, 68 人为 1f 动作受伤 (其中落地时由于个人原因受伤 43 人, 训练器材原因受伤 25 人)。</p> <p>受伤机制: 1d 动作: 对跳马长度、高度预判不足导致落地时一条腿还搭在跳马上, 致胫骨受到向上、外旋的作用力, 股骨向下、内旋的作用力, 从而导致前交叉韧带损伤; 1f 动作: 双腿未能同时落地, 身体失去平衡致一侧膝关节外翻 (股骨受到向外、向下的外翻应力, 而胫骨向内、向下) 致前交叉韧带损伤。</p>
<p>跳马 2 练习</p> 	<p>(分腿腾越横跳马) 动作要领: 2a: 助跑、踏板; 2b: 起跳; 2c: 撑马、提臀、双腿分开; 2d: 手推马后; 2e: 腿前伸、上体急振、展髋挺身、并腿落地。伤情分析: 此类型共受伤 158 人, 其中 75 人为 2d 动作受伤, 83 人为 2f 动作受伤 (其中落地时由于个人原因受伤 54 人, 训练器材原因受伤 29 人)。</p> <p>受伤机制: 2d 动作: 参考 (1d); 2f 动作: 并腿落地时膝关节股骨端受到向前、向下、向内的俯冲力, 而膝关节胫骨端由于地面的反作用力而向前、向上、向外, 此时在巨大的冲击力 (剪切力) 下很容易造成前交叉韧带断裂; 未及时并腿请参考 (1f)。</p>
<p>跳马 3 练习</p> 	<p>(分腿腾越纵跳马) 动作要领: 3a: 助跑、踏板; 3b: 起跳; 3c: 撑马、提臀、分腿后摆; 3d: 手推马后; 3e: 腿前伸、上体振起、挥臀挺身; 3f: 并腿落地。</p> <p>伤情分析: 此类型共受伤 81 人, 其中 20 人为 3d 动作受伤, 61 人为 3f 动作受伤 (其中落地时由于个人原因受伤 45 人, 由于训练器材原因受伤 16 人)。</p> <p>受伤机制: 参考 (2d; 2f)。</p>

图 2. 跳马训练基础动作示意简图及伤情分析。

Figure 2. Schematic diagram of basic postures during the Chinese Wooden-horse training program and related injuries analysis.

参考文献

[1] 岳欣, 戴冬梅, 于剌, 等. 近 5 年某军队医院军事训练伤病员住院病例分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27 (12): 1088-1092. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.12.07.
Yue X, Dai DM, Yu Y, et al. Analysis on inpatient wounded of military training in a military hospital during recent 5 years [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 27 (12): 1088-1092. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.12.07.

[2] 刘文清, 李彦, 李延鹏. 某特战旅军事体能训练伤防护情况调查分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27 (16): 1531-1532. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.16.20.
Liu WQ, Li Y, Li YP. Investigation and analysis of injury protection during military physical training in a certain special operations brigade [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 27 (16): 1531-1532. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.16.20.

[3] Antosh IJ, Patzkowski JC, Racusin AW, et al. Return to military duty after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. Mil Med, 2018, 183 (1-2): e83-e89. DOI: 10.1093/milmed/usx007.

[4] Human H, Reza S, Haleh D, et al. Unhappy triad of the knee: What are the current concepts and opinions [J]. World J Orthop, 2023, 14 (5): 268-274. DOI: 10.5312/wjo.v14.i5.268.

[5] 周鹏, 高余, 邵宏斌, 等. 军人训练伤致前交叉韧带损伤临床特点 [J]. 临床军医杂志, 2022, 50 (6): 591-592. DOI: 10.16680/j.1671-3826.2022.06.12.
Zhou P, Gao Y, Shao HB, et al. Clinical characteristics of anterior cruciate ligament injury caused by military training injury [J]. Clinical Journal of Medical Officers, 2022, 50 (6): 591-592. DOI: 10.16680/j.1671-3826.2022.06.12.

[6] Ferretti A, Monaco E, Ponso A, et al. The unhappy triad of the knee re-revisited [J]. Int Orthop, 2019, 43 (1): 223-228. DOI: 10.1007/s00264-018-4181-7.

[7] Ferretti A, Mazza D. The unhappy triad revisited [M]// Anterolateral rotatory instability in ACL deficient knee. Switzerland: Springer,

- 2022: 57-69. DOI: 10.1007/978-3-031-00115-4_6.
- [8] 刘义华. 跳马训练致肘关节脱位 2 例 [J]. 现代中西医结合杂志, 2001, 10 (14): 1381.
Liu YH. Two cases of elbow dislocation caused by vault training injury [J]. Modern Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2001, 10 (14): 1381.
- [9] 李英华, 殷代昌. 跳木马致拇指掌骨基底骨折 21 例 [J]. 人民军医, 1993, 10: 21-22.
Li YH, Yin DX. 21 cases of thumb metacarpal base fracture caused by vault training [J]. People's Military Surgeon, 1993, 10: 21-22.
- [10] Moon J, Lee J, Kim K, et al. Effect of muscle-specific fatigue on the risk of anterior cruciate ligament injury in females [J]. Appl Sci, 2021, 11 (11): 4969. DOI: 10.3390/app11114969.
- [11] Mejane J, Faubert J, Romeas T, et al. The combined impact of a perceptual - cognitive task and neuromuscular fatigue on knee biomechanics during landing [J]. Knee, 2019, 26 (1): 52-60. DOI: 10.1016/j.knee.2018.10.017.
- [12] Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective [J]. J Orthop Sport Phys, 2010, 40 (2): 42-51. DOI: 10.2519/jospt.2010.3337.
- [13] De Sire A, Demeco A, Marotta N, et al. Anterior cruciate ligament injury prevention exercises: Could a neuromuscular warm-up improve muscle pre-activation before a soccer game? A proof-of-principle study on professional football players [J]. Appl Sci, 2021, 11 (11): 4958. DOI: 10.3390/app11114958.
- [14] Tuang BH, Ng ZQ, Li JZ, et al. Biomechanical effects of prophylactic knee bracing on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review [J]. Clin J Sport Med, 2022, 10: 1097. DOI: 10.1097/JSM.0000000000001052.
- [15] 卫振邦, 张军, 孙金海, 等. 某海军陆战队部队军事训练伤相关因素分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (15): 1355-1358. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.15.03.
- Wei ZB, Zhang J, Sun JH, et al. Factors related to military training injury in a marine corps [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (15): 1355-1358. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.15.03.
- [16] Garvey KD, Lowenstein NA, Matzkin EG. Anterior cruciate ligament injury prevention [M]// The Female Athlete. Holland: Elsevier, 2022: 49-63. DOI: 10.1016/B978-0-323-75985-4.00005-2.
- [17] Iversen M, Friden C. Pilot study of female high school basketball players' anterior cruciate ligament injury knowledge, attitudes, and practices [J]. Scand J Med Sci Spor, 2009, 19 (4): 595-602. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00817.x.
- [18] Otsuki R, Benoit D, Hirose N, et al. Effects of an injury prevention program on anterior cruciate ligament injury risk factors in adolescent females at different stages of maturation [J]. J Sport Sci Med, 2021, 20 (2): 365. DOI: 10.52082/jssm.2021.365.
- [19] 杨筱筠, 付留杰, 刘勇, 等. 312 例军事训练伤描述性分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (14): 1332-1334. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.14.19.
Yang XY, Fu LJ, Liu Y, et al. Descriptive analysis of 312 military training injuries [J]. Orthopedic Journal of China, 2017, 25 (14): 1332-1334. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.14.19.
- [20] Volpi P. Editorial Commentary: timing of anterior cruciate ligament reconstruction is just as important as a correct surgical procedure [J]. Arthroscopy, 2021, 37 (4): 1221-1222. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.12.223.
- [21] Cristiani R, Janarv PM, Engström B, et al. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction increases the risk of abnormal pre-reconstruction laxity, cartilage, and medial meniscus injuries [J]. Arthroscopy, 2021, 37 (4): 1214-1220. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.11.030.

(收稿: 2024-01-01 修回: 2024-04-28)

(同行评议专家: 丛琳, 江辉, 滕勇)

(本文编辑: 闫承杰)