

## 军校学员下肢训练伤关键风险因素识别研究

王大磊 蒋国乐 邱国俊 孙德宇

国防科技大学 军政基础教育学院, 湖南 长沙 410073

[摘要]本研究采用前瞻性队列研究方法,对军校学员基础数据、动作模式、下肢关节灵活性、下肢关节稳定性、身体素质和身体机能与下肢训练伤发生风险之间的内在联系进行了分析。研究发现,双腿Y平衡测试对称性比值、单腿深蹲对称性比值以及30×2蛇形跑成绩,与下肢训练伤的发生呈显著正相关,且受伤组在这三项指标上的数值均显著高于未受伤组。结果提示,较差的下肢动态控制对称性和综合敏捷性可能是导致军校学员下肢训练伤发生的关键风险因素。

[关键词]军校学员;下肢训练伤;风险因素

DOI: 10.33142/jscs.v6i3.19701

中图分类号: R826.2

文献标识码: A

### Identification of Key Risk Factors for Lower Limb Training Injuries among Military Academy Students

WANG Dalei, JIANG Guole, QIU Guojun, SUN Deyu

College of Military and Political Basic Education, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China

**Abstract:** This study used a prospective cohort research method to analyze the intrinsic relationship between basic data, movement patterns, lower limb joint flexibility, lower limb joint stability, physical fitness and function of military academy students and the risk of lower limb training injuries. Research has found that the symmetry ratio of leg Y balance test, the symmetry ratio of single leg squat, and the 30 × 2 snake running score are significantly positively correlated with the occurrence of lower limb training injuries, and the values of these three indicators in the injured group are significantly higher than those in the uninjured group. The results suggest that poor lower limb dynamic control symmetry and comprehensive agility may be key risk factors for lower limb training injuries in military academy students.

**Keywords:** military academy students; lower limb training injury; risk factors

#### 引言

军队、民兵武装以及其它接受军事训练的人员,因训练直接导致的组织器官功能障碍或病理改变称为军事训练伤,简称训练伤。军事训练过程中,军校学员训练伤的发生率一直居高不下,有研究对911名军校学员进行问卷调查发现,学员训练伤发生率为39.51%<sup>[1]</sup>。在发生部位上,关节及关节周围肌肉、韧带相对较为集中,其中尤以下肢关节最为严重<sup>[2]</sup>,如何有效降低军校学员下肢训练伤发生率,对提高军队院校人才培养质量将起到重要支撑作用。

引起训练伤的因素非常复杂,概括来讲,主要分为内部因素和外部因素<sup>[3]</sup>,内部因素主要包括:年龄、性别、身体成分、健康状态、体适能、解剖结构、技术水平、身体素质等;外部因素主要包括:环境条件、训练装备、安全保护设施、训练计划安排等,当学员暴露于以上因素时,在某些事件的诱发下,即可导致训练伤的发生。从训练伤

防治角度来讲,从大量风险因素中找出导致训练伤发生的关键风险因素是降低训练伤发生的重要前提。然而,对于不同的从业人员,导致其训练伤发生的关键风险因素是不同的。Robinson<sup>[4]</sup>等对1810名英国士兵进行前瞻性队列研究发现,较差的2.4公里跑成绩,较低的体重,既往训练伤以及胫骨前疼痛,是导致训练伤发生的关键因素。陈志新<sup>[5]</sup>等对基层部队1800名新兵进行问卷调查发现,入伍前未接受体育训练、训练计划安排不合理、准备活动时间不足10分钟、整理放松时间不足10分钟、日均训练时间超过4小时等因素,是入伍训练阶段诱发训练伤发生的关键危险因素。在军队院校,由于训练课目设置、训练计划安排等各方面存在差异,学员训练伤发生的关键风险因素应区别于基层官兵,但目前尚未见到相关报道,因此,对引起军校学员下肢训练伤的关键风险因素进行全面识别,此方面的研究具有非常重要的实践意义。

基于以上情况,本研究以军校学员为研究对象,对其基础数据、动作模式、下肢关节灵活性、下肢关节稳定性、身体素质和身体机能进行了调查、测试,并记录了学员接下来6个月的受伤情况,通过相关分析,筛选了与军校学员下肢训练伤发生高度相关的关键风险因素。该研究旨在为后续更加精准地制定训练伤防治策略,降低学员训练伤发生率,提升训练科学化水平提供有力支撑。

## 1 对象与方法

### 1.1 受试者

以某军校59名学员为研究对象,所有实验对象自愿参加本研究,实验前详细告知其实验目的、意义及流程,并签署知情同意书。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 基础数据的采集

采用问卷调查法对学员年龄、既往受伤史、每周持续30分钟以上运动次数、每天平均睡眠时间进行调查。

#### 1.2.2 动作模式评估

过顶深蹲。遵照功能性动作筛查测试方法<sup>[6]</sup>,学员两脚分开与肩同宽,双手以相同间距抓握测试杆,测试杆与地面平行。双臂伸直举杆过顶,慢慢下蹲,尽力保持脚后跟着地,每名学员允许测试三次。评分标准:3分,测试杆在头的正上方,躯干与小腿平行或与地面垂直,下蹲时大腿低于水平线,保持双膝与双脚方向一致;2分,脚跟下垫木板之后按照以上要求完成动作;1分,脚跟下垫上木板之后仍不能按要求完成动作;0分,测试过程中身体出现任何疼痛。该测试反应受试者双腿下蹲的动作质量。

单腿蹲。学员双脚平行,立于训练凳前,抬起一条腿,另一条腿支撑身体,慢慢下蹲至大腿平行地面。观察支撑腿左右晃动及身体控制能力。评分标准:3分,能够按标准完成动作;2分,能够完成动作,但不标准;1分,不能完成动作;0分,测试过程中身体出现任何疼痛。该测试反应受试者单腿下蹲的动作质量<sup>[7]</sup>。

#### 1.2.3 下肢关节灵活度测试

股四头肌灵活度测试:学员俯卧位,手臂向前伸直,将关节活动度与肌肉力量测试仪(Hoggan microFET 3,美国)置于学员脚踝上方胫骨处,学员进行主动屈膝至最大范围处,记录关节活动角度;腘绳肌灵活度测试:学员仰卧位,双手自然放置于身体两侧,手掌向上,将关节活动度与肌肉力量测试仪置于学员跟腱上方小腿三头肌处,学员进行主动屈髋至最大范围处,记录关节活动角度;踝关节活动度测试:学员仰卧位,双手自然放置于身体两侧,手掌向上,将关节活动度与肌肉力量测试仪置于学员足跟

处,学员进行主动足背屈至最大范围处,记录关节活动角度。

#### 1.2.4 下肢关节稳定性测试

髋外展力量测试:学员侧躺,屈膝呈90度,将关节活动度与肌肉力量测试仪置于膝关节处,学员尽最大能力进行主动髋外展,记录肌肉力量数值;伸膝力量测试,学员坐于治疗床上,双膝自然下垂与地面呈90度,由于伸膝力量较大,为提高测量准确性,学员通过背包绳固定,将关节活动度与肌肉力量测试仪置于脚踝上方胫骨处,学员尽最大能力进行主动伸膝,记录肌肉力量数值;屈膝力量测试:学员俯卧位,手臂向前伸直,一条腿屈膝90度,将关节活动度与肌肉力量测试仪置于小腿三头肌处,学员主动屈膝,测试人员固定测试仪,对抗学员屈膝力量,记录肌肉力量数值;Y平衡测试:学员单脚站在Y平衡测试仪上,在保持平衡的前提下,另一只脚尽可能地沿着“Y”字线的三个方向(前侧、左后及右后)往最远端推动测试板,并能够在不失去平衡的情况下回到起始姿势。每一个方向各重复三次,分别记录不同方向上推动测试板到达的最远距离<sup>[8]</sup>。

学员单腿蹲测试、下肢关节灵活度测试、稳定性测试,均需要测量左、右两侧下肢,记录数值后,用得分较好一侧数值除以较差一侧数值,两者比值表示两侧动作质量、灵活度或力量对称性,比值越大,表示对称性越差。

#### 1.2.5 身体素质测试

参照《军事体育训练大纲》的考核流程,对学员3000米跑、100米跑、30×2蛇形跑、22.8米×6折返跑、2分钟俯卧撑、1分钟引体向上、2分钟仰卧起坐成绩进行测试。其中,3000米跑反应耐力素质;100米跑反应下肢爆发力;30×2蛇形跑反应灵敏素质;22.8米×6折返跑反应无氧耐力素质;2分钟俯卧撑、1分钟引体向上反应上肢力量素质;2分钟仰卧起坐反应核心力量素质。

#### 1.2.6 身体机能测试

采用卷尺、体重秤对学员身高、体重进行测量,利用公式计算BMI指数, $BMI = \text{体重}(\text{kg}) / \text{身高}(\text{cm})^2$ ;采用体成分分析仪(INBODY 770,韩国)对学员体脂百分比进行测量。

#### 1.2.7 受伤情况统计

对学员完成以上全部测试后,采用前瞻性队列研究,观察学员未来6个月内腰、膝、踝等关节及下肢肌肉受伤情况,受伤的学员归为受伤组,伤病情况记录为1;未受伤的学员归为未受伤组,伤病情况记录为0。

#### 1.2.8 数据统计

所得数值采用平均值计试后,采用前瞻性SPSS11.0

统计软件对数据进行统计学分析。将学员基础数据、动作模式、下肢关节灵活性、下肢关节稳定性、身体素质和身体机能测量结果,与学员未来6个月内训练伤发生情况做相关性分析,并将受伤组与未受伤组两组间各测试指标差异性做独立样本T检验,  $P < 0.05$  表示具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 各测试指标与受伤情况之间的相关性

通过前瞻性研究, 后续6个月内共有11名学员发生下肢训练损伤, 该段时间内下肢训练伤发生率为18.6%。通过与各测试指标进行相关分析发现(如表1所示), 学员损伤情况与Y平衡对称性比值、30×2蛇形跑成绩均呈显著正相关(相关系数分别为:  $r=0.326$ ,  $P=0.021$ ;  $r=0.233$ ,  $P=0.034$ ), 与单腿蹲对称性比值呈极显著正相关(相关系数  $r=0.431$ ,  $P=0.002$ )。

表1 各测试指标与受伤情况之间的相关性 (n=59)

	数值	与训练伤之间的相关系数	P 值
年龄 (year)	21.7±0.7	0.049	0.711
身高 (cm)	175.6±5.4	0.195	0.145
体重 (kg)	70.8±8.5	0.103	0.445
BMI	22.9±2.2	0.007	0.962
体脂百分比 (%)	16.2±3.9	0.053	0.710
既往受伤史 (%)	26.8±0.4	0.107	0.433
每天平均睡眠时间 (hour)	6.8±0.8	0.104	0.448
每周持续30分钟以上运动次数 (day/week)	2.1±1.8	-0.039	0.777
Y平衡对称性比值 (%)	103.3±3.6	0.326*	0.021
过顶深蹲	1.96±0.60	-0.134	0.355
单腿蹲对称性比值 (%)	125.0±52.7	0.431**	0.002
髋外展力量对称性比值 (%)	110.8±9.9	0.017	0.908
伸膝力量对称性比值 (%)	115.9±24.2	0.130	0.383
屈膝力量对称性比值 (%)	107.7±21.2	0.057	0.721
股四头肌灵活性对称性比值 (%)	102.6±2.1	0.001	0.993
腘绳肌灵活性对称性比值 (%)	106.2±7.0	0.206	0.160
脚踝灵活性对称性比值 (%)	106.7±7.0	0.032	0.829
3000米跑成绩 (s)	762.1±41.7	0.029	0.827
100米跑成绩 (s)	13.6±0.7	0.251	0.055
30×2蛇形跑成绩 (s)	18.75±0.87	0.233*	0.034
22.8米×6折返跑成绩 (s)	62.2±9.9	0.300	0.119
2分钟俯卧撑 (n)	61.5±10.8	-0.084	0.526
2分钟仰卧起坐 (n)	71.6±11.9	-0.050	0.705
1分钟引体向上 (n)	13.1±4.2	-0.086	0.518

注：“\*”表示在0.05水平，相关性显著；“\*\*”表示在0.01水平，相关性显著。

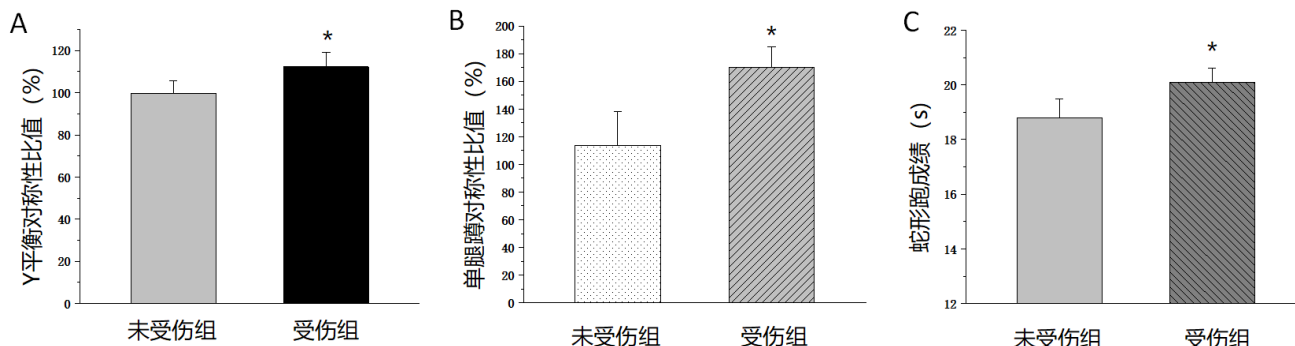


图1 不同组别间测试指标比较

注：“\*”表示与未受伤组相比具有显著性差异,  $P < 0.05$ ; “\*\*”表示与未受伤组相比具有极显著性差异,  $P < 0.01$ 。

## 2.2 不同组别间各测试指标比较情况

经比较分析发现, 受伤组 Y 平衡对称性比值显著高于未受伤组 (分别为  $112.4 \pm 6.8$ 、 $99.7 \pm 5.9$ ,  $P < 0.05$ , 见上图 1-A)。受伤组单腿蹲对称性比值极显著高于未受伤组 (分别为  $170.0 \pm 14.8$ 、 $113.8 \pm 24.3$ ,  $P < 0.01$ , 见上图 1-B)。受伤组  $30 \times 2$  蛇形跑成绩显著高于未受伤组 (分别为  $20.1 \pm 0.5$  秒、 $18.8 \pm 0.7$  秒,  $P < 0.05$ , 见上图 1-C)。

## 3 讨论

本研究通过前瞻性队列研究, 探讨了基础数据、动作模式、下肢关节灵活性、下肢关节稳定性、身体素质和身体机能与军校学员下肢训练伤发生风险之间的内在联系, 以期为下肢训练伤的早期识别与精准干预提供科学依据。研究结果发现, 双腿 Y 平衡测试对称性比值、单腿深蹲对称性比值以及  $30 \times 2$  蛇形跑成绩, 与下肢训练伤的发生呈显著正相关, 且受伤组在这三项指标上的数值均显著高于未受伤组。这些结果为我们理解军校学员下肢训练伤的发生机制提供了新的视角, 并具有重要的实践指导价值。

Y 平衡测试作为一种广受认可的动态平衡评估工具, 能够有效评估个体在单腿支撑下维持稳定性的能力, 尤其涉及核心、髋、膝、踝关节的协同控制<sup>[9]</sup>。在本研究中, Y 平衡测试对称性比值越高, 意味着学员在执行前伸、后内伸和后外伸三个方向的动作时, 左右腿控制能力的差异越显著。以往也有报道发现, Y 平衡测试可作为预测训练伤发生风险的有效指标<sup>[10]</sup>。从生物力学角度看, 协同控制功能较弱的一侧, 在执行高强度、高重复性的军事体、技能训练动作 (如奔跑、跳跃、负重行军) 时, 可能无法有效吸收和分散地面反作用力, 导致冲击负荷过度集中于某些薄弱结构。为了完成训练动作, 身体会不自觉地启动代偿模式, 例如增加对侧肢体的负荷、改变骨盆的运动轨迹或增加躯干的侧倾。这些代偿模式虽然能暂时维持任务表现, 但长期来看会打破身体的力学平衡, 增加关节、韧带和肌肉等组织的微小创伤累积, 最终诱发如应力性骨折、肌腱炎等过度损伤。因此, Y 平衡测试对称性比值不仅是一个简单的功能评分, 更是对个体神经肌肉系统在动态任务中维持稳健性和适应性的综合评价。

单腿深蹲被认为是评估下肢功能性力量、稳定性和动作质量的有效指标之一。与 Y 平衡测试侧重于动态极限范围下的稳定性不同, 单腿深蹲更侧重于评估在功能性负重下, 个体控制下肢运动链 (特别是髋-膝-踝) 的能力<sup>[11]</sup>。本研究采用的对称性比值是基于双侧单腿深蹲的动作质量评分计算得出的。评分判断标准包括, 膝关节是否内扣、躯干是否过度前倾或侧屈、骨盆是否发生侧倾等。对称性

比值高, 说明一侧腿的动作质量显著高于另一侧。这种质量差异通常与臀中肌等髋部稳定肌群力量不足、本体感觉输入紊乱或踝关节柔韧性受限有关。例如, 常见的膝关节内扣通常与臀肌激活不足和/或踝关节背屈受限相关。在军事体、技能训练高冲击、多变向环境中, 这种有缺陷的动作模式会被放大。当学员在疲劳状态下执行快速变向或起跳落地时, 薄弱侧的下肢无法维持正确的力线排列, 极易导致膝关节前交叉韧带损伤、髌股关节疼痛综合征或踝关节扭伤等急性创伤。

本研究的另一项结果提示,  $30 \times 2$  蛇形跑成绩与训练伤风险呈正相关, 即用时越长, 受伤风险越高。 $30 \times 2$  蛇形跑并非单纯的速度测试, 它是一个典型的敏捷性测试, 综合考查学员启动、加速、减速、变向和身体协调能力。在蛇形跑的每次折返和变向中, 都需要强大的离心力量来减速和吸收能量<sup>[12]</sup>。离心控制能力差的个体, 在制动时关节稳定性下降, 增加了韧带和半月板的剪切应力。敏捷性还要求身体能够快速响应并高效地执行大脑发出的指令, 反应慢、协调性差的个体在执行快速变向时, 动作会显得僵硬、不连贯, 容易因动作失误或失去平衡而受伤。此外, 完成流畅的蛇形跑需要髋、膝、踝关节具备良好的活动范围, 活动度受限会迫使身体采用代偿性的、生物力学效率更低的动作模式来完成任务, 从而增加受伤风险。学员在日常教学训练中对敏捷性也有较高要求,  $30 \times 2$  蛇形跑成绩差的学员, 可能在训练中难以高效、安全地完成这些动作。他们的运动模式可能更具“风险性”, 例如在变向时步幅过大、身体重心过高或膝关节外翻角度过大等, 这些都是已知的损伤风险因素。因此,  $30 \times 2$  蛇形跑的成绩可以被视为一个综合性的“运动能力”指标, 其背后反映的是个体在高强度、快速转换任务下的身体控制能力和损伤易感性。

Y 平衡测试、单腿深蹲和  $30 \times 2$  蛇形跑三项测试操作简便、耗时短、对场地器材要求低, 非常适合在入学入伍、年度体能考核或毕业联考前进行大规模的风险筛查。因此, 本研究的结果具有非常明确的实践指导意义, 可为构建科学、高效的下肢训练伤预防体系提供具体可行的工具和策略。然而, 本研究也存在一些局限性, 主要是研究的样本量有限, 未来仍需开展大规模的前瞻性队列研究, 以建立适用于军校学员的损伤风险预测模型和各项测试的风险“截断值”, 以便为下肢训练伤风险预测提供更加明确的指导。

## 4 结语

本研究证实下肢动态控制的对称性 (通过 Y 平衡测

试和单腿深蹲评估)和综合敏捷性(通过30×2蛇形跑评估)可能是导致军校学员下肢训练伤发生的关键风险因素。动态控制对称性越差、综合敏捷性越低,学员在未来训练中受伤的风险越高。上述指标作为一种简单、有效的下肢受伤风险预测工具,其测评及改善可能对降低学员训练伤发生率,提升训练科学化水平起到较好的促进作用。

基金项目:(1)国防科技大学教育教学研究课题:基于训练大数据的学员训练伤风险预警系统研究(课题编号:U2024031);(2)湖南省普通高等学校教学改革研究项目,新版《军事体育训练大纲》背景下军校学员400米障碍成绩提升精准策略研究(课题编号:202502000021)。

#### [参考文献]

[1]周丽梅,李俊,李敏,等.军事院校学员训练伤发生情况调查分析[J].海军医学杂志,2023,44(11):1110-1114.

[2]蔡建中,官淑华.某军校新生入伍军事训练伤流行病学调查分析[J].西南军医,2017,19(1):34-35.

[3]SAMMITO S,HADZIC V,KARAKOLIS T,et al.Risk factors for musculoskeletal injuries in the military: a qualitative systematic review of the literature from the past two decades and a new prioritizing injury model[J].Military Medical Research,2021,8(66):1-40.

[4]ROBINSON M,SIDDALL A,BILZON J,et al.Low fitness, low body mass and prior injury predict injury risk during military recruit training: a prospective cohort study in the British Army[J].BMJ Open Sport & Exercise Medicine, 2016,2(1):e000100.

[5]陈志新,王凤鸣,郭宁,等.某部新兵军事体育训练伤发生情况及危险因素分析[J].人民军医,2021,64(6):487-490.

[6]ILJINAITĖ V,ŠIUPŠINSKAS L,BERŠKIENĖ K.The quality of functional movements and the back squat in amateur and professional bodybuilders[J].International Journal of Sports Physical Therapy,2024,19(11):1455-1464.

[7]LISMAN P,WILDER JN,BERENBACH J,et al.Sex differences in lower extremity kinematics during overhead and single leg squat tests[J]. Sports Biomechanics, 2024,23(3):273-286.

[8]Bauer J,Panzer S,Gruber M,et al.Associations between upper quarter Y-balance test performance and sport-related injuries in adolescent handball players[J].Frontiers in sports and active living,2023(5):1076373.

[9]ALKHATHAMI KM.Using the Y-balance test as a predictor tool for evaluating non-contact injuries in university league football players: a prospective longitudinal study[J].Cureus,2023,15(5):e39317.

[10]孙晓东,郭宇鑫,白银川,等.功能训练处方技术预防陆军新兵军事训练伤[J].中国矫形外科杂志,2024,32(12):1063-1068.

[11]Dawson S J,Herrington L.Improving single-legged-squat performance: Comparing 2 training methods with potential implications for injury prevention[J].Journal of athletic training,2015,50(9):921-929.

[12]Dos'Santos T,Thomas C,Comfort P,et al.The effect of angle and velocity on change of direction biomechanics: An angle-velocity trade-off [J].Sports medicine,2018,48(10): 2235-2253.

作者简介:王大磊(1982—),男,汉族,山东博兴人,博士研究生,副教授,国防科技大学军政基础教育学院,研究方向:军事体育;蒋国乐(1990—),男,汉族,湖北枝江人,博士研究生,副教授,国防科技大学军政基础教育学院,研究方向:军事体能训练;邱国俊(1982—),男,汉族,江西信丰人,本科,讲师,国防科技大学军政基础教育学院,研究方向:军事训练;孙德宇(1991—),男,汉族,吉林延边人,硕士研究生,讲师,国防科技大学军政基础教育学院,研究方向:军事体育。