

• 运动人体科学 •

立定跳远落地姿态的合理性

张秀丽¹, 陈宝玲¹, 杜高山¹, 田文学²

(1. 华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510006; 2. 广东警官学院 警体部, 广东 广州 510230)

摘 要: 对 30 名受试者正常和“外八”两种落地姿态立定跳远成绩、走路步向角、踝关节内收、外展等动肌力测试, 探讨“外八”姿态落地对立定跳远成绩的影响。结果发现: 与正常姿态落地相比, 立定跳远采用“外八”姿态落地对落地后身体稳定性的影响差异不具显著性; 两种落地姿态的立定跳远成绩差异没有显著性; 采用外八字姿态落地, 50%(男 8 人, 女 7 人)成绩下降, 幅度为 0.05 m, 33.3%(男 4 人, 女 6 人)成绩上升, 幅度为 0.07 m, 百分率和升降幅度差异均不具显著性; 采用外八字姿态落地立定跳远成绩升降幅度与步向角, 踝关节快、慢速外展最大幅度均中等程度相关($P < 0.05$)。结果说明: 与正常落地姿态相比, 外八字落地姿态立定跳远的成绩升或降因人而异, 与受试者步向角, 踝关节快、慢速外展的最大幅度呈中等程度相关, 步向角越小, 踝关节外展最大幅度越大, 采用外八字姿态落地立定跳远的成绩提高的几率越大。

关键词: 运动生物力学; 立定跳远; 落地姿态; 步向角; 等动肌力

中图分类号: G804.6 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2014)06-0129-05

A study of the rationality of landing postures adopted for standing long jump

ZHANG Xiu-li¹, CHEN Bao-ling¹, DU Gao-shan¹, TIAN Wen-xue²

(1. School of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China;

2. Department of Police and Physical Education, Guangdong Police College, Guangzhou 510230, China)

Abstract: The authors tested the results of standing long jump performed by 30 testees in normal and toe-out landing postures, their walking pace angles as well as ankle joint adduction and abduction isokinetic muscle strength, probed into the effect of landing in a toe-out posture on the result of standing long jump, and revealed the following findings: as compared with landing in a normal posture, the effect of adopting landing in a toe-out posture for standing long jump on body stability after landing was not significantly different; the results of standing long jump by adopting these two landing postures were not significantly different; when landing in a toe-out posture was adopted, 50% of the testees (8 males and 7 females) had a worse result, the decrement was 0.05 m, while 33.3% of the testees (4 males and 6 females) had a better result, the increment was 0.07 m, the differences in the percentage, increment and decrement were not significant; the increment or decrement of the result of standing long jump by adopting landing in a toe-out posture had a medium degree of correlation with the pace angle, maximum extent of quick and slow ankle joint abduction ($P < 0.05$). The said findings indicated the followings: as compared with landing in a normal posture, the increasing or decreasing of the result of standing long jump by adopting landing in a toe-out posture varied with the testees, having a medium degree of correlation with the pace angle, maximum extent of quick and slow ankle joint abduction; the smaller the pace angle and the greater the maximum extent of ankle joint abduction, the greater the chance to enhance the result of standing long jump by adopting landing in a toe-out posture.

Key words: sports biomechanics; standing long jump; landing posture; pace angle; isokinetic muscle strength

收稿日期: 2014-04-12

基金项目: 广东省教育科学十二五规划课题(2012JK065)。

作者简介: 张秀丽(1968-), 女, 副教授, 博士, 硕士研究生导师, 研究方向: 运动生物力学。E-mail: zhangxl@sncu.edu.cn

立定跳远分为 3 个阶段：起跳、腾空和落地。国外对立定跳远的研究多从运动生物力学角度，关注跳远起跳阶段的起跳技术研究，对摆臂在起跳中的作用进行了深入探讨，还有人研究了手持重物摆臂对立定跳远成绩的影响^[1-14]。

立定跳远是我国中小学体育教学的重要组成部分，其教学和训练的研究一直是国内体育工作者研究热点，与国际文献研究情况相似，国内研究也多集中起跳和腾空技术动作，对立定跳远落地姿态的研究甚少，且有限的研究报道多为经验性总结，尚未达成共识^[15-23]。杜修民等^[24]认为双足落地呈“外八”、“外翻”或“外旋”等可提高立定跳远成绩；但杜高山等^[25]的研究认为外八字落地对立定跳远者有不利影响，尤其是对于女子的不利影响更大。立定跳远落地究竟应采取什么样的姿态合理？是否有规律可循？基于研究团队前期研究基础，男子外八字步态多，女子内八字步态现象普遍，笔者推测外八落地姿态对立定跳远成绩的影响可能与男、女日常步态有关，外八落地姿态对立定跳远成绩是否有利，可能与受试者的步向角、下肢肌力有关。因此，本研究通过对 30 名健康在校大学生正常和“外八”两种不同落地姿态立定跳远测试，步向角、等动肌力测试，探讨“外八”姿态落地对立定跳远成绩的影响，探讨两种落地姿态的合理性，为立定跳远甚至跳远技术教学和训练提供参考。研究预期：第一，外八字姿态落地使身体后仰或后退趋势加重或更明显；第二，两种落地姿态的立定跳远成绩没有显著性差异；第三，受试者应采取什么样的落地姿态与步向角、下肢等动肌力矩特点有关。

1 研究对象与方法

1.1 测试对象

随机在华南师范大学募集在读健康大学生 30 名(男 15 名、女 15 名)，男子年龄(22.3 ± 1.5)岁，身高(1.75 ± 0.08) m，体重(67.5 ± 6.7) kg，BMI(21.9 ± 1.9) kg/m²；女子年龄(23.2 ± 1.1) 岁，身高(1.58 ± 0.05) m，体重(52.9 ± 4.9) kg，BMI(21.1 ± 2.0) kg/m²。所有受试者均未取得田径运动员等级，实验过程中身体机能状态良好，无下肢疾病。

1.2 研究方法

1)测试时间、地点及仪器。

2013 年 5 月，身高、体重、下肢等动肌力测试于广东省体育科学研究所进行，测试仪器主要有 SGT-A(II)身高体重仪、Cybex-NORM 等速肌力测试系统；步向角、立定跳远测试于华南师范大学大学城校区田径场进行，测试仪器主要有 RScan 足底压力板测试系统(0.5 m, 300 Hz)、照相机(卡西欧 ZR200)。

2)测试程序。

(1)立定跳远测试：5 min 热身运动(伸展运动、弹跳、膝屈伸等)后，每人至少 6 次试跳练习(每种落地姿态至少 3 次)，直至受试者感到舒适为止。正式测试时，随机编号，5 人一组，按序号依次进行测试。每种落地姿态进行 3 次有效试跳，取平均值作为正式成绩，如受试者感觉疲劳，则要求其休息 2 min。

(2)落地后身体稳定性测试：用卡西欧 ZR200 照相机的短片高速拍摄功能对立定跳远进行全程拍摄，拍摄频率为 60 Hz。回放每个受试者视频，观察落地后单足或双足后退(落地后由于站不稳，单足或双足向后移动)、向后跌倒坐地、身体后仰的情况反映落地后身体的稳定性。后仰：侧面观，肩关节中点与髋关节中点连线代表躯干的位置，以通过髋关节中心点垂直于水平面的直线为参考，躯干在参考直线的后面即为后仰。

(3)步向角测试：步向角是指足的中轴线(足跟中点与第二跖骨连线)与前进方向之间的夹角，向外为“+”，向内为“-”。首先把比利时 Footscan 测力板平放于地面，在行进的前后方向上铺设 6.8 m 的 EVA 辅道，调试标定后，让每个受试者以个人自然步态、步速在铺设的辅道上行走，直至受试者步态自然，正式采集 3 次左、右足步向角有效值，取平均值作为受试者的步向角。采集频率为 300 Hz。

(4)身高体重测试：于步向角、等动肌力测试前进行，要求受试者穿短衣、短裤、赤足，用身高体重仪测量身高、体重并记录。

(5)等动肌力测试：受试者热身运动后，按照 Cybex-NORM 测试手册的规定，由经验丰富的实验员指导进行测试动作适应性练习和正式测试。测试对象取平卧位，下肢伸直，右足在踝关节处进行角速度为 30、120°/s 的内收、外展。每个角速度重复测试 5 次，取其中 3 次一致性较强的平均值作为下肢等动肌力测试指标，两种速度测试之间间隔 20 s。主要参考指标为：

峰力矩：足内收或外展过程中的力矩最大值。平均功率：足内收或外展一次的功率均值。峰力矩角度：足以一定的角速度内收或外展过程中出现峰力矩时的踝关节角度。正中位为零，外展为正，内收为负。踝关节活动范围：足以一定的角速度内收或外展过程中达到的最大幅度(角度)。

3)数据统计分析。

采用 SPSS 19.0 统计软件对所测试数据进行处理，百分比用卡方检验，各组生物力学指标分别采用独立样本 *t* 检验、配对 *T* 检验和单因素 ANOVA 处理，结果均以($\bar{x} \pm s$)表示。*P* < 0.05 为显著性差异，*P* < 0.01 为

非常显著性差异。

2 研究结果与分析

2.1 不同落地姿态后身体稳定性

对立定跳远落地后单双足后退、向后坐地摔倒、

身体后仰情况进行统计,结果如表1所示。表1中列出了立定跳远后的3种不稳定情况,实际上2种或3种情况会同时出现,但为了更好地探讨、理解2种姿态落地后身体不稳定程度的差异,本研究对3种现象进行单独统计。

表1 两种姿态落地后身体稳定性情况

落地姿态	单双足后退		后倒坐地		身体后仰		总体	
	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%
正常姿态	5	16.7	0	0	14	46.7	19	63.3
外八字姿态	3	10.0	2	6.7	16	53.3	21	70.0

由于前2种情况观察样本数小于5,不符合卡方检验的条件,因此本研究只对身体后仰和总体不稳定现象发生率进行卡方检验,结果表明,卡方值为0.009,显著性系数为0.924($P>0.05$),即2种姿态落地后身体的不稳定程度不具显著性。

2.2 不同落地姿态成绩对比

两种不同落地姿态立定跳远成绩对比如表2所示:第一,30名受试者采用正常与外八字两种姿态落地,立定跳远成绩的总体均值分别为2.23、2.22 m,男子均值分别为2.47、2.46 m,女子两种姿态成绩均值在厘米级上相同,为1.91 m,进行配对T检验,均

差异没有显著性;第二,从受试者百分比看,采用外八字姿态落地,1/2(男8名,女7名,共15名50.0%)受试者成绩下降,1/3受试者(男4名,女6名,共10人33.3%)成绩上升,卡方检验,不具显著性;从升降幅度角度看,相对而言,平均下降幅度较小,为0.05 m,而上升幅度较大,为0.07 m,独立样本T检验表明差异不具显著性;第三,一部分(男3名,女2名共5名16.7%)受试者两种姿态的立定跳远成绩无变化,男、女成绩均值分别为2.45、1.98 m;第四,分别对采用外八落地姿态立定跳远男、女成绩升和降的幅度进行独立样本T检验,均不具显著性。

表2 两种落地姿态立定跳远成绩($\bar{x} \pm s$)测试结果

性别	n/人	正常姿态成绩/m	外八字姿态成绩/m	成绩升		成绩降		成绩平	
				人数	比例/%	人数	比例/%	人数	比例/%
男	15	2.47±0.18	2.46±0.19	4	26.7	8	53.3	3	20.0
女	15	1.91±0.16	1.91±0.17	6	40.0	7	46.7	2	13.3
总体	30	2.23±0.32	2.22±0.32	10	33.3	15	50.5	5	16.7

2.3 影响外八字落地成绩升降的因素

表3、表4统计结果显示:第一,外八字姿态落地立定跳远成绩升、降组受试者的身高、体重、BMI形态指标差异均不具显著性,步向角在0.05水平上具有显著性;第二,角速度30、120°/s的足内收、外展的等动肌力指标对成绩升、降组受试者的影响是一

致的,多数指标不具显著性,只有踝关节外展最大幅度在0.05水平上具有显著性。

进一步的相关性统计分析结果显示:采用外八字姿态落地立定跳远成绩升降幅度与步向角,踝关节快、慢速外展最大幅度均中等程度相关($P<0.05$),相关系数分别为0.395、0.404、0.397。

表3 外八字落地立定跳远成绩升、降¹⁾的形态学指标($\bar{x} \pm s$)

组别	n/人	身高/m	体重/kg	BMI/(kg·m ⁻²)	步向角/°
成绩升	10	1.64±0.12	57.8±8.4	21.3±1.6	3.7±7.0
成绩降	15	1.69±0.10	63.1±8.5	22.1±2.2	10.6±4.7 ²⁾

1)成绩升、降是指立定跳远成绩外八字姿态落地的与正常姿态落地相比,增加为升,减少为降,成绩不变则为平; 2) $P<0.05$

表 4 立定跳远成绩升降的等动肌力学因素¹⁾ ($\bar{x} \pm s$)

角速度/($^{\circ}$ ·s ⁻¹)	成绩升降 ²⁾	$M_{外}/Nm$	$M_{内}/Nm$	$P_{外}/W$	$P_{内}/W$	关节角/($^{\circ}$)			
						α	β	γ	δ
30	升	17.4±8.3	13.6±6.5	6.1±2.7	4.6±2.2	7.0±7.5	16.2±7.6	35.4±3.2	30.3±7.0
	降	17.9±7.4	13.3±5.6	5.8±3.0	4.3±2.3	9.5±10.6	11.4±6.9	29.7±7.4 ³⁾	31.4±5.2
120	升	12.7±5.3	10.9±5.4	14.8±6.3	11.9±6.8	13.2±6.2	20.7±7.2	35.4±3.2	30.8±6.6
	降	14.2±3.4	11.6±3.8	14.7±6.1	11.7±5.7	15.0±6.9	15.9±7.7	30.3±7.5 ³⁾	32.4±5.1

1) $M_{外}$: 外展峰力矩; $M_{内}$: 内收峰力矩; $P_{外}$: 外展功率均值; $P_{内}$: 内收功率均值; α : 外展峰力矩关节角; β : 内收峰力矩关节角; γ : 踝关节 ROM-外展角; δ : 踝关节 ROM-内收角。2)成绩升、降是指外八字姿态落地的立定跳远成绩与正常姿态落地相比, 增加为成绩升, 减少为成绩降, 成绩不变则为成绩平。3) $P < 0.05$

3 讨论

立定跳远分为 3 个阶段: 起跳(包括手臂预摆)、腾空和落地, 在教学和训练中, 前两个动作阶段研究的人较多, 技术要领都很明确, 唯独对落地动作技术的要求没有一致的观点, 教学实践中仁者见仁智者见智, 没有统一认识。本研究从生物力学角度探讨“外八”落地姿态对立定跳远成绩的影响, 揭示成绩提高或下降的生物力学特点与机制, 为立定跳远落地技术动作的教学和训练提供客观依据, 使立定跳远技术教学有章可循。

3.1 落地姿态与身体稳定性

早期的研究认为足“外展”、“外旋”等成“外八”姿态的落地方式可以提高立定跳远成绩^[24], 但由运动生物力学影响平衡稳定性的因素可知, 双足“外八”落地导致身体向后的稳定性减小, 有可能加剧身体后仰, 增大后退或摔跤的几率, 从而影响立定跳远成绩。本研究通过 30 名受试者两种姿态立定跳远落地后不稳定现象统计分析, 采用外八落地姿态, 身体在前后方向上稳定性的变化对立定跳远落地后的稳定性没有显著性影响。

立定跳远的落地动作与跳远相似, 在身体腾空阶段过最高点后就已经开始。动作要求: 屈膝, 收腹, 尽量高抬大腿, 前伸小腿, 两臂自上向下、向后摆, 足跟落地, 屈膝缓冲, 上体下压。但相对跳远来说, 立定跳远没有助跑, 起跳阶段获得的起跳力小, 腾空时间短, 没有受过训练的普通大学生高抬大腿, 前伸小腿的动作不能充分完成, 即相对于正常落地姿态, 普通大学生的腰腹肌力量完全可以弥补外八落地后身体重心在前后方向上倾倒力矩的变化, 不足以造成更严重的身体后仰、后退和坐地现象。从这个角度分析, 如果训练有素的跳远运动员采用外八字姿态落地, 导致身体倾倒力矩增大的幅度和身体稳定性下降的可能性会更大, 若要保持落地后身体的稳定性, 则需要有较强的腰腹肌力量作为前提条件。

3.2 落地姿态与成绩

外八落地姿态对立定跳远成绩的影响研究结果与杜修民等的研究报道相悖, 部分支持杜高山等的研究结果: 总体上来看, 立定跳远采用外八字姿态落地, 成绩并没有明显的提高或降低。第一, 采用两种不同姿态落地, 立定跳远成绩均值几乎相同; 第二, 从人数比例看, 外八落地有负面影响, 采用外八字落地姿态, 1/3 受试者成绩上升, 半数受试者成绩下降; 但从升降幅度看, 下降幅度小于上升幅度。综合分析可知, 采用外八字落地立定跳远是否能提高成绩不能肯定, 因人而异。

立定跳远是一项以考察下肢爆发力、腰腹力量和上下肢协调能力为主的运动项目。从运动技术方面看, 主要通过展腹、收腹举腿、团身落地完成。但人体是由多环节组成的整体, 是一个完整的运动链, 人体某一环节动作的改变, 势必引起相邻环节肌肉用力特点的变化, 同样, 双足成外八姿态的变化有可能引起下肢乃至躯干相关肌群用力特点的变化。因此, 外八姿态落地对立定跳远成绩有利还是有弊, 应取决于每个人的人体解剖学、生物力学结构特点及身体素质。

为了进一步探讨影响外八姿态落地立定跳远成绩升或降的因素, 本研究对 30 名受试者步向角、下肢等动肌力等进行测试分析, 结果显示步向角和踝关节外展最大幅度是影响立定跳远成绩升或降的两个主要因素: 受试者步向角越小, 采用外八落地姿态立定跳远的成绩上升的几率越大, 踝关节外展最大幅度越大, 采用外八字姿态落地立定跳远的成绩提高的几率越大, 相关性分析显示, 步向角、角速度踝关节外展的最大幅度与成绩升降幅度在 0.05 水平上具有中等程度相关。

4 结论

1)与正常落地姿态相比, 大学生立定跳远采用外八字姿态落地, 不会影响立定跳远落地后身体的稳定性。

2)与正常落地姿态相比, 外八字落地姿态立定跳远成绩没有普遍的升或降, 也没有性别差异, 因人而异。

3)外八字落地姿态立定跳远成绩的升降与受试者步向角、踝关节快、慢速外展的最大幅度具有中等程度相关。步向角越小,踝关节外展最大幅度越大,采用外八字姿态落地立定跳远的成绩提高的几率越大。

参考文献:

- [1] Alberto E Minetti, Luca P Ardigo. Biomechanics: halteres used in ancient Olympic long jump[J]. Nature, 2002, 420(14): 141-142.
- [2] Blake M. Ashby, Jean H. Role of arm motion in the standing long jump[J]. Journal of Biomechanics, 2002, 35: 1631-1637.
- [3] Blake M Ashby, Scott L Delp. Optimal control simulations reveal mechanisms by which arm movement improves standing long jump performance[J]. Journal of Biomechanics, 2006, 39: 1726-1734.
- [4] Cassie Wilson, Mark A King, Maurice R Yeadon. The effects of initial conditions and takeoff technique on running jump for height and distance[J]. Journal of Biomechanics, 2011, 44: 2207-2212.
- [5] Feltner M E, Frascetti D J, Crisp R J. Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps[J]. Journal of Sports Sciences, 1999, 17: 449-466.
- [6] Greig M P, Yeadon M R. The influence of touchdown parameters on the performance of a high jumper[J]. Journal of Applied Biomechanics, 2000, 16: 367-378.
- [7] Hiroyuki Koyama, Kazunori Koshikawa, Kazuhiro Aoki. Effects of a towing on the take off motion of the long jump[J]. Journal of Biomechanics, 2007, 40: S320.
- [8] Sear J, Dascombe B, Duncan M. Relationship between standing long jump and vertical jump to sprinting kinematics[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2007, 10: 85.
- [9] Nolan L, Patrilli B L, Simpson K J. Long jump technique of elite female lower-limb amputee athletes[J]. Journal of Biomechanics, 2006, 39: 552.
- [10] Lees A, Barton G. The interpretation of relative momentum data to assess the contribution of the free limbs to the generation of vertical velocity in sports activities[J]. Journal of Sports Sciences, 1996, 14: 503-511.
- [11] Lenoir M, Clercq D D, Laporte W. The “how” and “why” of the ancient Greek long jump with weights: a five-fold symmetric jump in a row?[J]. Journal of Sports Sciences, 2005, 23(10): 1033-1043.
- [12] Masaki Wakai, Nicholas P Linthome. Optimum take-off angle in the standing long jump[J]. Human Movement Science, 2005, 24: 81-96.
- [13] Michael T Butcher, John E, Bertram A. Jump distance increases while carrying handheld weights: impulse, History, and jump performance in a simple lab exercise[J]. Journal of Science Education and Technology, 2004, 13(2): 285-297.
- [14] Tang R H, Huang C F. Legend or history? a biomechanical analysis of extra weights on standing long jump[J]. Journal of Biomechanics, 2007, 40: s609.
- [15] 白春林. 如何提高高三体育考生立定跳远成绩[J]. 田径, 2006(10): 23-24.
- [16] 卜凡睿. 从体育高考看立定跳远项目的训练[J]. 田径, 2007(1): 11.
- [17] 蔡万圣. 初中生立定跳远动作生物力学分析及教法研究[J]. 学周刊, 2014(1): 213-214.
- [18] 曹淑忠. 立定跳远中小跳现象实践研究[J]. 体育师友, 2012(2): 21-22.
- [19] 曹丹丹, 张秀丽, 杜高山, 等. 儿童内八字足底压力及矫正效果探析[J]. 体育科学, 2014, 34(4): 78-83.
- [20] 韩静, 李世明, 部义峰, 等. 不同蹬地角立定跳远的运动学和动力学对比研究[J]. 天津体育学院学报, 2008, 23(4): 352-355.
- [21] 刘玉卓, 李小东. 立定跳远足外旋展落地技术新探[J]. 中国学校体育, 1997(6): 35.
- [22] 武金陵, 徐永楠. 摆臂在立定跳远蹬伸起跳阶段中的生物力学分析[J]. 体育师友, 2009(3): 271-273.
- [23] 章平. 影响立定跳远成绩分析[J]. 青少年体育, 2013(4): 52-53.
- [24] 杜修民. 立定跳远教学不应忽略“足外翻”技术[J]. 体育师友, 2001(2): 20.
- [25] 杜高山, 曹丹丹, 张秀丽. “外八字”落地姿态对立定跳远成绩的影响[C]//第十五届全国运动生物力学学术交流大会论文(CABS2012)摘要汇编, 2012(9): 87.