

增加助跑步数对男子跳远运动员 踏跳动作运动学指标的影响

李志远¹, 王 相², 张 宇¹

(1. 浙江大学 公共体育与艺术部, 杭州 310058;

2. 上海体育学院 体育教育训练学院, 上海 200438)

摘 要: 目的: 探讨不同助跑步数对男子跳远运动员跳跃距离、踏跳时间、踏跳指数、身体前旋角速度等踏跳动作运动学指标的影响。方法: 募集12名男子跳远运动员, 采取不同助跑步数(6—16步)完成踏跳动作, 利用高速摄像机测量助跑与踏跳时身体重心速度, 并计算出相应参数。结果: ①随着助跑步数的增加, 跳跃距离增加, 踏跳时间缩短; ②长助跑(12—16步)与短助跑(6—10步)跳跃距离比与助跑速度比之间未存在显著性相关关系($p > 0.05$), 而与踏跳时间比之间存在显著性负相关($p < 0.05$); ③相比于短助跑, 长助跑踏跳指数显著减小, 踏跳时垂直速度相当, 水平速度损失量也显著大于短助跑($p < 0.05$); ④踏跳时间比与踏跳角度变化量之间存在显著性正相关($p < 0.05$), 而与平均前旋角速度比之间存在显著性负相关($p < 0.05$); ⑤长距离助跑过程中水平速度损失量与身体平均前旋角速度间存在显著性负相关($p < 0.05$), 下肢蹬伸速度与踏跳指数之间存在显著性正相关($p < 0.05$)。结论: 在6—16步范围内, 随助跑步数增加, 助跑速度增加, 但与跳跃距离增加未存在相关关系; 在进行长距离助跑时, 缩短踏跳时间, 减少水平速度损失的同时提高垂直速度, 能够有效提高跳跃距离; 在踏跳过程中减小身体前旋的角度可以有效缩短踏跳用时, 提高下肢蹬伸速度可获得较大垂直速度。

关键词: 短助跑跳跃; 长助跑跳跃; 身体重心轨迹; 助跑距离; 踏跳动作

中图分类号: G823.3

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596(2022)03-0077-06

跳远是将助跑所获得的速度利用踏跳方式进行方向转换的身体投射运动, 跳跃距离代表着运动员成绩的好坏^[1-2]。想要获得较远的跳跃距离, 除了获得较高的水平速度外, 还要在踏跳过程中尽可能减少水平速度损失的同时获得较大的垂直速度^[3-5]。因此, 在训练和比赛中要注意助跑和踏跳的有效结合。

在跳远专项训练中, 通常采用少于比赛的助

跑步数进行助跑踏跳练习^[6]。运动员减少助跑步数可以在调整水平速度的同时, 集中注意力进行踏跳动作练习。一般而言, 短助跑跳跃练习能够对正式比赛助跑(长距离)跳跃产生正面效果。目前, 很多学者已经对助跑步数与助跑速度和跳跃距离的关系开展了研究。结果表明, 助跑步数与助跑速度和跳跃距离间存在显著性正相关关系^[7-9]。然而实践中, 也存在增加助跑步数但跳

收稿日期: 2021-11-18

作者简介: 李志远(1986—), 男, 黑龙江铁力人, 讲师, 博士, 研究方向为运动训练监控理论与方法、运动生物力学。

文本信息: 李志远, 王相, 张宇. 增加助跑步数对男子跳远运动员踏跳动作运动学指标的影响[J]. 河北体育学院学报, 2022, 36(3): 77-82.

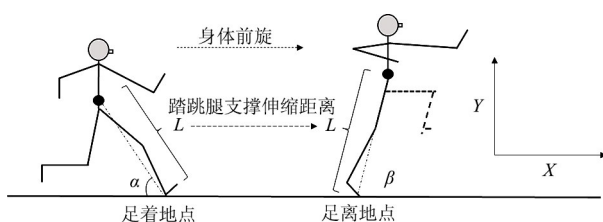


图 2 运动员踏跳过程示意图

注: • 表示身体重心; L 表示足部支撑点到重心的距离; α 为着地角; β 为离地角; 前旋角度为 $180^\circ - \alpha - \beta$; X 为水平方向速度; Y 为垂直方向速度

1.4 统计

各测量项目结果用 $M \pm SD$ 表示, 在不同助跑步数下各指标采用单因素方差分析进行差异性检验, 并采用 LSD 法进行多重比较。各测量项目

表 1 各助跑步数条件下的跳跃距离、助跑步数和踏跳时间

指标	6 步	8 步	10 步	12 步	14 步	16 步	差异性
跳跃距离/m	5.51 ± 0.15	5.91 ± 0.20	6.20 ± 0.19	6.48 ± 0.20	6.61 ± 0.30	6.76 ± 0.36	$F=26.11, p<0.01$ 16, 14>12>10>8>6 步
助跑速度/(m/s)	7.31 ± 0.20	7.99 ± 0.37	8.43 ± 0.24	8.86 ± 0.19	9.10 ± 0.23	9.16 ± 0.30	$F=50.73, p<0.01$ 16>14>12>10>8>6 步
踏跳时间/s	0.149 ± 0.011	0.144 ± 0.010	0.143 ± 0.007	0.138 ± 0.010	0.133 ± 0.009	0.128 ± 0.016	$F=3.64, p<0.01$ 16, 14, 12<10, 8, 6 步

表 2 “长—短”助跑的跳跃距离比与助跑速度比、踏跳时间比、踏跳指数比的关系

指标	助跑速度比	踏跳时间比	踏跳指数比
跳跃距离比	$r=0.199$	-0.780	0.776
	$p=0.834$	0.036	0.038

表 2 显示, 长助跑与短助跑跳跃距离比与助跑速度比之间未存在显著性相关关系 ($p>0.05$), 而跳跃距离比与踏跳时间比之间存在显著性负相关 ($p<0.05$), 与踏跳指数比之间存在显著性正相关 ($p<0.05$)。可见, 随着助跑步数增加, 踏跳时间明显缩短。因此, 通过增加助跑距离增加助跑速度时, 还应尽可能在短时间内完成踏跳动作, 但在这种条件下, 需要在短时间内发挥出最大踏跳力量。Huang 等^[12]发现, 在跳远踏跳过程中短时间内发挥出极大爆发力尤为重要。另外, 表 2 结果显示, 从短助跑到长助跑, 助跑速度比与跳跃距离比无相关关系, 表明提高助跑速度并不是提高跳跃距离的决定因素, 踏跳动作质量才是助跑速度能否有效转化为跳跃距离的关键因素。

和计算指标的相关系数采用 Pearson 法进行计算, 显著性水平为 $p<0.05$ 。

2 研究结果与分析

表 1 显示, 随着助跑步数的增加, 跳跃距离和助跑速度增加, 踏跳时间缩短。跳跃距离方面, 16 步和 14 步助跑的跳跃距离与 12 步、10 步、8 步和 6 步助跑的跳跃距离存在着显著性差异, 且 6—12 步各步数间的跳跃距离也存在显著性差异。助跑速度方面, 从 6 步到 16 步助跑速度逐渐增大且各步数之间均存在显著性差异。踏跳时间方面, 长助跑踏跳时间与短助跑踏跳时间存在显著性差异。表 1 的实验结果已证实, 随着助跑步数增加, 助跑速度和跳跃距离也增加。

表 3 不同助跑步数条件下的踏跳指数、垂直速度和水平速度损失量

助跑步数	踏跳指数	垂直速度/(m/s)	水平速度损失量/(m/s)
6 步	3.62 ± 1.01	3.22 ± 0.36	0.97 ± 0.35
8 步	3.01 ± 0.94	3.37 ± 0.42	1.22 ± 0.44
10 步	2.82 ± 0.75	3.21 ± 0.34	1.20 ± 0.31
短助跑	3.15 ± 0.71	3.27 ± 0.30	1.13 ± 0.31
12 步	2.44 ± 0.50	3.25 ± 0.39	1.38 ± 0.32
14 步	2.55 ± 0.33	3.43 ± 0.39	1.35 ± 0.15
16 步	2.53 ± 0.77	3.27 ± 0.55	1.35 ± 0.29
长助跑	$2.51 \pm 0.40^*$	3.32 ± 0.40	$1.36 \pm 0.15^*$

注: * 表示长助跑与短助跑相比较, 具有显著性差异, $p<0.05$

表 3 显示, 长助跑的踏跳指数显著小于短助跑 ($p<0.05$), 踏跳时垂直速度相当, 水平速度损失显著大于短助跑 ($p<0.05$)。同时, 图 3 显示, 16 步和长助跑均值踏跳指数 ($r=0.891$, $p<0.01$) 与跳跃距离比之间存在显著性正相关 ($r=0.847$, $p<0.05$), 6—10 步助跑情况下二者相关系数为负值, 12—16 步二者相关系数变

为正值且逐渐增长,表明在高速助跑情况下,为增加跳跃距离,需在缩短踏跳时间的同时尽量减少水平速度损失,同时加大脚的蹬伸力量以获得较大的垂直速度。

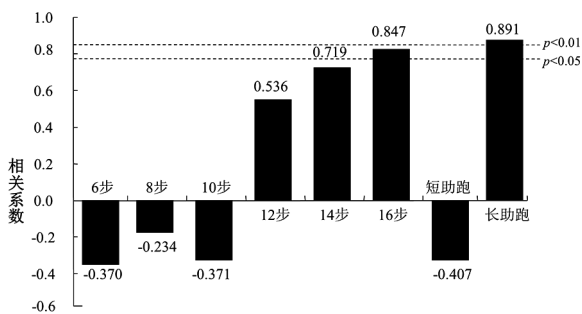


图3 各助跑步数中踏跳指数与跳跃距离比的相关系数

表4 “长—短”助跑的踏跳时间比与踏跳时身体重心轨迹的关系

指标	着地角度比	离地角度比	角度变化量比	平均前旋角速度比
踏跳时间比	r 0.516	-0.473	0.848	-0.862
	p 0.157	0.178	0.025	0.022

注：角度变化量=离地角—着地角

表4显示,踏跳时间比与踏跳角度变化量比之间存在显著性正相关 ($p < 0.05$),而与平均前旋角速度比之间存在显著性负相关 ($p < 0.05$)。进行几何学特征分析得出,为缩短踏跳时间,应减少踏跳过程中的前旋角度,适当增加前旋角速度。Jacobs等^[11]研究得出,短跑起跑时前旋角速度平均增加25.3%,暗示要缩短起跑时间,需最大限度地增加起跑时身体前旋角速度,本研究中的观点与Jacobs等研究较一致。然而,本研究中平均前旋角速度的增加量,最小为106%,最大为119%。出现以上差异的原因是,与短跑不同,跳远运动员在长距离助跑中可能存在水平速度增加而踏跳时前旋角速度未发生变化的情况。

表5 “长—短”助跑的平均前旋角速度与水平速度损失量的关系

指标	短助跑水平速度损失量	长助跑水平速度损失量
平均前旋角速度	r -0.395	-0.820
	p 0.547	0.019

表5显示,长助跑过程中水平速度损失量与平均前旋角速度之间存在显著性负相关 ($p < 0.05$),而短助跑中,水平速度损失量与踏跳时身体平均前旋角速度间未存在相关关系 ($p > 0.05$)。表明在长助跑提高助跑速度的情况下进行踏跳动作,对运动员的体力和技术有着较高的要求。具体而言,在长距离助跑中,要采用使身体前旋角速度增加的踏跳,这是运动员在延长助跑距离时需关注的重要技术。

前人相关研究中曾提示水平速度损失增大而垂直速度随之增加的情况^[3,13,14]。Hay等^[2]发现,在踏跳过程的缓冲阶段,应在尽可能减少水平速度损失的同时,获得较大的垂直速度。Bae等^[15]认为,运动员为获得较大的垂直速度,需使踏跳腿在身体重心前方着地^[14]。另外,Lisa等^[7]也指出,踏跳时踏跳腿着地角与踏跳缓冲阶段的水平速度损失之间未存在相关关系,而与垂直速度之间存在显著性正相关,踏跳腿的着地角约为 61° 。Mackenzie^[16]发现,踏跳腿的着地角在 35° — 40° 范围时,可使跳跃距离最大化。Seyfarth等^[17]运用数学模型进行研究发现,较小的着地角会导致运动员在踏跳阶段损失水平速度,进而导致跳跃距离减小,而要达到最佳的跳跃距离,踏跳腿的着地角要接近 60° 。由此可以认为,在短助跑情况下,踏跳腿在身体前方的着地范围即使增加,下肢也能够承受住地面的冲击负荷;但在长助跑情况下,为保持较高水平速度而将踏跳腿过度超越身体重心着地,下肢将难以承受地面冲击负荷,导致踏跳腿过度弯曲。所以在长助跑过程中,为减小踏跳腿负荷,踏跳时身体前旋角度应该控制在适当范围内,利用较高角速度的身体前旋来完成踏跳动作。

表6 “长—短”助跑的踏跳指数与踏跳时身体重心轨迹的关系

指标	平均前旋角速度	蹬伸速度
短助跑踏跳指数	r 0.271	-0.174
	p 0.742	0.842
长助跑踏跳指数	r 0.583	0.783
	p 0.124	0.043

身体前旋的作用是在踏跳缓冲期通过身体前旋而获得垂直速度。但是,在前旋时身体会受到水平方向的强大制动力,同时在踏跳蹬伸期会产生垂直速度。为有效抑制水平速度损失和获得较

大的垂直速度,应提高踏跳蹬伸期的下肢蹬伸速度。表6显示,长助跑条件下的踏跳指数与蹬伸速度之间存在显著性正相关($p < 0.05$),但与身体平均前旋角速度之间不存在相关关系($p > 0.05$)。相关研究也显示,优秀运动员在踏跳时下肢肌群能在短时间快速伸缩,产生较强的爆发力^[18-19]。

综上所述,助跑速度随助跑步数的增加而增加,为使较高的助跑速度有效转化为较大的跳跃距离,运动员需要缩短踏跳时间,在减少水平速度损失的同时,获得较大垂直速度。另外,减小身体前旋角度是缩短踏跳时间的关键,而提高踏跳蹬伸期的下肢蹬伸速度是获得较大垂直速度的重要因素。

3 结论

在6—16步助跑范围内,随助跑步数增加,助跑速度呈现增长趋势,但与跳跃距离的增加之间存在非相对应关系;在进行12—16步长距离助跑时,为增大跳跃距离,需在踏跳时缩短踏跳用时,在减少水平速度损失的同时,有效提高垂直速度。另外,在踏跳过程中减小身体前旋角度可以有效缩短踏跳用时,而提高下肢蹬伸速度可以获得较大的垂直速度。本研究仅讨论了增加助跑步数对运动员踏跳动作运动学指标的影响,而未对下肢肌群力量及所做功率进行测定,今后有必要对此展开实验研究。

参考文献:

- [1] HAY J G. The biomechanics of the long jump[J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 1986, 14(1): 401.
- [2] HAY J G. Citius, altius, longius (faster, higher, longer): the biomechanics of jumping for distance[J]. *J Biomech*, 1993, 26(1): 7.
- [3] 王国杰,章碧玉,彭秋艳,等.我国优秀跳远运动员助跑调整策略研究[J]. *中国体育科技*, 2020, 56(7): 84.
- [4] 王国杰,章碧玉,彭秋艳,等.跳远全程助跑中步态变化特点及其对助跑速度的影响[J]. *山东体育学院学报*, 2019, 35(5): 103.
- [5] LEES A, GRAHAM-SMITH P, FOWLER N E. A biomechanical analysis of the last stride, touchdown, and takeoff characteristics of the men's long jump[J]. *J Appl Biomech*, 1994, 10(1): 61.
- [6] MURAKI Y. Fundamentals of approach running & takeoff[M]. Tokyo: Track Technique, 1984: 2843-2845.
- [7] LISA A B, NICHOLAS P L. Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed[J]. *J Sport Sci*, 2006, 24(8): 889.
- [8] 苑廷刚,王国杰,李爱东,等.我国优秀男子跳远运动员李金哲助跑关键技术特征的比较研究[J]. *北京体育大学学报*, 2016, 39(1): 119.
- [9] POPOV V. How to improve run-up speed and precision[J]. *Modern Athlete and Coach*, 1996, 34(2): 18.
- [10] NOBUAKI F, YASUSHI K, YOSHINORI K, et al. The relationship between common ability to perform the ballistic stretch-shortening cycle movement in unilateral horizontal jump events and performance of various jump events[J]. *Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci*, 2013, 58(1): 61.
- [11] JACOBS R, SCHENAU G J I. Intermuscular coordination in a sprint push off[J]. *J Biomech*, 1992, 25(9): 953.
- [12] HUANG C, KAO C. Biomechanical differences between jumpers and sprinters on long jump performance[J]. *J Biomechanics*, 2007, 40(2): 748.
- [13] BOSCO C, LUHTANEN P, KOMI P V. Kinetics and kinematics of the take-off in the long jump[M]. Baltimore, MD: University Park Press, 1976: 174-180.
- [14] KOH T J, HAY J G. Landing leg motion and performance in the horizontal jumps I: the long jump[J]. *Int J Sport Biomech*, 1990, 6(4): 343.
- [15] BAE S J. Biomechanical relationship between the long jump takeoff motion and flight distance performed by elite athletes[J]. *J Edu Heal Sci*, 2002, 48(1): 151.
- [16] MACKENZIE R J. Why the long jump takeoff foot must be planted far in front of the body[J]. *Track Coach*, 2008, 184: 5877.
- [17] SEYFARTH A, FRIEDRICHS A, WANK R, et al. Dynamics of the long jump[J]. *J Biomech*, 1999, 32(12): 1259.
- [18] 李志远,虞松坤,杨铁黎.肌肉“拉长—缩短周期”运动理论及其在爆发力训练中的应用研究进展[J]. *中国运动医学杂志*, 2019, 38(3): 228.
- [19] 李志远,虞松坤,车同同,等.肌肉发力率与运动表现的关系及其训练干预研究进展[J]. *中国运动医学杂志*, 2020, 39(12): 977.

Effect of Increasing Running Steps on the Kinematics Index of Hopping Steps of Male Long Jumpers

LI Zhiyuan¹, WANG Xiang², ZHANG Yu¹

(1. Department of Public Physical Art Education, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2. School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: *Objective:* To study the influence of different running steps in the approach run on the kinematics index of hopping steps of jump distance, hopping step time, hopping step index, and body forward angular velocity of the hopping step motion of male long jumpers. *Method:* Twelve male long jumpers perform the long jump using different numbers of running steps (6-16 steps) in the approach run, measure the velocity of body gravity of the approach run and the hopping step with high-speed camera, and calculate the corresponding parameters. *Results:* ① With the number of running steps increases, the jump distance also increases, and the hopping step time is shortened. ② There is no significant correlation between jump distance ratio and run-up speed ratio ($p > 0.05$) of the long-distance approach run (12-16 steps) and the short distance approach run (6-10 steps), however, there is a significant negative correlation between jump distance ratio and hopping step time ratio ($p < 0.05$). ③ Compared to the short-distance approach run, long-distance approach run has significantly reduced take-off index, comparable vertical speed and significantly greater horizontal velocity loss than short-distance approach run ($p < 0.05$). ④ There is a significantly positive correlation between the hopping step time ratio and the hopping step angle variation quantity ($p < 0.05$), however there is a significantly negative correlation between the average anterior spin angular velocity ratio ($p < 0.05$). ⑤ There is a significantly negative correlation between the horizontal velocity loss and body average forward angular velocity in the long-distance approach run ($p < 0.05$), and is a significantly positive correlation between the lower limb push-up speed and the hopping step index ($p < 0.05$). *Conclusion:* Approach run speed increases with the increase of 6-16 approach run steps, but there is no correspondence to the jump distance increase; in the long-distance approach run, to shorten the hopping step time, reduce horizontal speed loss can effectively increase the jump distance; during the stepping process, reducing the body forward rotation angle can effectively shorten the hopping step time, and improve the pedal extension speed of the lower limbs can obtain a large vertical speed.

Key words: short-distance approach run; long-distance approach run; body center track; approach run distance; hopping step movement