



我国优秀女子跳高运动员郑幸娟起跳技术的运动学分析

雍明

摘要: 采用技术动作录像拍摄与分析等研究方法, 对我国优秀女子跳高运动员郑幸娟起跳技术分别从起跳阶段时间、起跳腿膝角变化等方面进行运动学分析, 旨在改进、完善郑幸娟的跳高专项技术, 尽快提高我国女子跳高运动水平。

关键词: 女子; 跳高; 郑幸娟; 起跳技术; 运动学分析

中图分类号: G804.6 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2011)04-0064-03

Kinematic Analysis of the Takeoff Technique of Zheng Xingjuan, Chinese Elite Female High Jumper
YONG ming

(Institute of Physical Education of Soochow University, Suzhou 215021, China)

Abstract: Adopting the methods of video shooting and analysis, the author made a kinematic analysis of Zheng Xingjuan's takeoff technique from the aspects of takeoff time, the changes of knee angle of the takeoff leg, etc. The aim is to improve Zheng Xingjuan's specific technique of high jump and enhance the level of women's high jump in China.

Key words: woman; high jump; Zheng Xingjuan; takeoff technique; kinematic analysis

起跳是背越式跳高完整技术的关键环节, 起着衔接助跑和腾越横杆, 迅速改变人体运动方向, 获得尽可能大的垂直速度等作用。同时, 起跳也是人体由向前水平移动转变为向前上运动的过程, 其任务是充分利用助跑速度, 使垂直速度不断增大, 以获得尽可能大的腾起初速度和合理的腾起角度。因此, 研究这一技术环节具有十分重要的意义。

郑幸娟是目前我国最优秀的女子跳高运动员之一, 曾多次获得全国室内田径锦标赛、全国田径大奖赛冠军。目前为国家集训队队员, 是我国田径女子跳高项目寻求突破的重点培养对象之一, 具有较高的研究价值。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

选取2007年6月10日郑幸娟参加全国田径大奖赛(苏州站)暨世锦赛选拔赛比赛中1.84 m以上7次试跳的跳高技术进行分析。

1.2 研究方法

1.2.1 高速摄影与影片解析

采用两台sony摄像机, 其中1号摄像机放置在横杆延长线的后端, 距远侧跳高架立柱10 m处, 2号摄像机放置于横杆垂直后端20 m处, 拍摄频率为50 fps, 两机主光轴夹角为90°左右。拍摄自助跑倒三步脚着地至过杆的全程技术动作, 采用Peak三维标定框架进行标定。影片解析采用德国SIMI-motion录像解析系统, 采用汉纳范人体数学模型, 经低通滤波法对原始数据进行平滑处理, 取得有关的运动学数据。

1.2.2 比较分析法

以郑幸娟1.88 m成功试跳时录像解析参数为依据, 与国内、外优秀运动员的相关参数进行比较分析, 从中发现郑幸娟跳高技术存在的主要问题。并将郑幸娟1.84 m以上7次试跳时录像解析数据进行比较, 研究其技术稳定性问题。

2 研究结果与分析

2.1 起跳阶段时间参数分析

起跳时间可以看成从起跳脚着地瞬间到起跳腿最大缓冲瞬间、从起跳腿最大缓冲瞬间到蹬离地面瞬间这两段时间之和, 目前国内、外跳高的运动学研究均以此时间为起跳时间。研究表明, 优秀跳高运动员的起跳时间为0.12~0.18 s^[1]。从运动学角度分析, 不同运动员在助跑最后一步的技术参数如速度、步长、身体姿态等也不同, 这是由于个体差异造成的。只有在作用于地面的力恒定的情况下, 适当减小起跳缓冲时间才有利于增大速度。国外有关文献表明, 起跳时间虽然可以说明一些情况, 但不能单纯从起跳时间的长短来表明技术的好或不好, 因为, 起跳时间受到其它一些因素的影响, 有些是有利因素, 有些却是不利因素。例如, 短的起跳时间可使起跳腿产生有力的动作(有利), 但也会削弱两臂的摆动动作及造成起跳开始时身体重心较高的问题(不利)^[2]。

综上所述, 不同运动员起跳时间的长短, 并不能客观地反映起跳效果的优劣, 但按照起跳时间的组成(即缓冲时间和蹬伸时间)及其所占比例进行对比分析, 就具有重要的意义。

陈洁敏等研究认为, 垂直速度大的运动员缓冲时间小于

收稿日期: 2010-10-27

作者简介: 雍明, 男, 副教授, 硕士研究生. 主要研究方向: 田径教学训练理论与方法。

作者单位: 苏州大学体育学院, 江苏 苏州 215021



蹬伸时间，垂直速度相对较小的运动员缓冲时间则大于蹬伸时间，并指出应尽量缩短缓冲时间^[3]。程丽平研究表明，起跳离地时获得的垂直速度与蹬伸时间的相关系数为0.659，而与缓冲时间的相关系数仅为0.329，并指出，起跳腿缓冲时间应尽量减小，而蹬伸时间并不是越短越好，应在保证起跳腿充分蹬伸的基础上，减少蹬伸时间才能获得较大的起跳冲量^[4]。另外，缓冲时间相对缩短还有利于把握蹬伸时机，有效地防止身体过早地倒向横杆，从而产生良好的垂直起跳效果。然而，生物力学知识告诉我们，缓冲动作对起跳中人体肌肉弹性势能的储备及其利用具有重要的意义，起跳腿伸膝肌群的退让工作就是要充分利用肌肉的弹性，产生较大的克制性收缩力。过短的缓冲时间会造成缓冲动作不充分，无法充分地利用肌肉弹性势能等问题，也会影响最大蹬伸距离的获得。

从表1可以看出，郑幸娟的起跳时间短于优秀运动员的起跳时间。与国内优秀运动员相比，郑幸娟主要在缓冲时间上有明显的缩短，结合起跳腿膝角的变化来看（见表2），郑幸娟起跳腿着地瞬间膝角与最大缓冲瞬间膝角的差值最小，即缓冲幅度仅为2.39°；起跳腿蹬伸幅度也较小为9.61°，说明郑幸娟起跳腿缓冲时间过短，缓冲动作不充分，不利于较大起跳蹬伸距离的获得。通过反复观察技术录像并结合郑幸娟助跑倒三步助跑身体重心高度的变化、身体内倾角的变化以及起跳脚着地瞬间身体重心垂直速度来分析，可以看出，郑幸娟倒一步助跑及起跳腿着地瞬间身体重心过早的移向了起跳脚支撑点，为防止身体重心继续前移而倒向横杆，其不得不缩短起跳时间。因此可以认为，郑幸娟较短的起跳时间是通过减少缓冲幅度和蹬伸幅度即起跳工作距离而获得的，实际造成的结果是，在较短的时间内无法使起跳腿各关节充分缓冲以获得必要的伸肌弹性势能的储备，也无法加大起跳腿的蹬伸幅度，最终影响了起跳垂直速度的提高。

表1 郑幸娟及部分优秀运动员的起跳时间（s）

Table 1 Takeoff Time of Zheng Xingjuan and Some Other Elite Athletes (s)

	郑幸娟	顾碧威	金玲	张李文	Henkel	Sommer
起跳缓冲时间	0.053		0.080	0.080		
起跳蹬伸时间	0.079		0.060	0.080		
起跳的总时间	0.132	0.140	0.140	0.160	0.140	0.140

注：顾碧威数据参照陈丽波，我国部分优秀女子背越式跳高运动员最后四步助跑、起跳及过杆技术的运动学分析[D]. 2006, 6；金玲和张李文的数据参照韩慧，金玲破女子跳高室内亚洲纪录时起跳技术的生物力学分析[J]. 浙江体育科学, 1998, 20 (3)；国外优秀运动员的数据参照弗拉基米尔 M. 扎齐奥斯基（美国），运动生物力学[M]. 人民体育出版社, 2004, 7.

2.2 起跳腿膝角变化分析

起跳腿膝关节角是跳高运动员起跳阶段运动学特征的重要指标之一，可以反映运动员着地、缓冲动作是否合理，起跳蹬伸是否充分等。本研究主要从起跳腿着地瞬间、最大缓冲瞬间和离地瞬间3个时相来分析起跳腿膝角的变化特征。

从生物力学角度分析，起跳脚着地瞬间起跳腿不能完全伸直，也不能过度屈曲。如果在此时起跳腿完全伸直，身体将受到来自地面强大的支撑反作用力，不利于迅速完成屈

膝缓冲动作和保持水平速度，并且起跳腿受伤的可能性也会大大增加。若此时起跳腿过度屈曲，将很难承受来自地面的较大的冲力，导致起跳腿膝关节在缓冲阶段很容易出现缓冲程度过大，从而错失起跳腿快速蹬伸的最大发力角度。表2显示，郑幸娟在起跳脚着地瞬间膝角为159.04°，起跳腿没有伸直且有一定的弯曲。但与我国优秀运动员相比，左膝角略偏大，这会随随之进行的缓冲动作带来不利的因素，缓冲动作幅度减小，弹性势能储存不够，影响起跳腿的有力蹬伸。

在起跳腿最大缓冲瞬间，起跳腿膝角过大或过小都会对蹬伸效果产生不良的影响。起跳腿膝角过小，表明膝关节缓冲过大，往往不利于快速、充分地蹬伸起跳；而起跳腿膝角过大，表明膝关节缓冲过小，会减小起跳蹬伸的幅度。那么，在起跳腿最大缓冲瞬间起跳腿膝角究竟处于多大范围之内才合理？卢钢等人研究认为：起跳腿最大缓冲瞬间膝关节角度应控制在140°~150°^[5]。从运动学和生物力学角度来看，保持这一膝角范围既能使起跳腿的膝关节快速、充分地伸展，又能保证一定的做功距离。

从表2可以看出，郑幸娟起跳腿最大缓冲瞬间膝角偏大，已超出这一膝角范围的上限。与我国优秀跳高运动员和国外优秀跳高选手相比，郑幸娟此时起跳腿膝角最大。从着地瞬间膝角与起跳腿最大缓冲瞬间膝角的差值来看，郑幸娟(2.39°)明显小于国内优秀运动员，说明郑幸娟起跳腿缓冲幅度不够，这是其缓冲时间较短的主要原因。郑幸娟起跳腿的蹬伸幅度(9.61°)也小于我国优秀运动员顾碧威(14.51°)、沈勤莉(11.46°)，与国外优秀运动员(24.84°)相比差距更大，结合郑幸娟起跳蹬伸时间与国内优秀运动员基本一致这一情况，表明其蹬伸效果较差。换言之，与国内优秀运动员相比，郑幸娟在起跳蹬伸时，用相对同样的时间完成了很小的做功距离，必然造成起跳结束瞬间垂直速度较低。分析其原因，可能与郑幸娟对起跳腿缓冲动作的控制能力有关，由于起跳脚着地瞬间膝角相对偏大，加上前述的缓冲时间过短所产生的影响，导致其尚未达到最佳缓冲角度就开始进入蹬伸阶段。也可能与起跳腿放脚瞬间身体重心投影点较接近支撑点有关，在此时没有形成合理的身体姿势，没有足够的时间和空间来完成充分的缓冲动作，最终势必影响到起跳效果。

跳高运动员起跳腿离地瞬间膝角的大小对H1值有直接的影响。表2表明，与国内优秀跳高运动员相比，郑幸娟起跳腿离地瞬间的膝角较大，说明起跳腿伸展程度相对较好；但与国外优秀选手相比，仍存在一定的差距。由此可见，郑幸娟起跳腿蹬伸动作仍不够充分，需要进一步改进与提高。经反复观看郑幸娟跳高技术录像和访谈其教练员，郑幸娟起跳腿蹬伸不够充分的原因主要是：（1）与起跳阶段的摆动技术及蹬摆协调配合技术有关；（2）由于郑幸娟起跳腿着地瞬间身体重心投影点较接近支撑点，经过缓冲进入蹬伸阶段后，其身体重心向横杆方向的偏移已不允许有更多的时间完成更大幅度的蹬伸；（3）与郑幸娟的力量、柔韧性等身体素质的发展水平也有关系。为此，加强郑幸娟起跳技术及身体素质的训练仍是不可忽视的环节之一。

3 结论

郑幸娟起跳总时间少于国内、外优秀女子运动员，主

表2 郑幸娟及部分优秀运动员起跳阶段膝角的变化(°)
Table II Changes of Knee Angles of Zheng Xingjuan and Some Other Elite Athletes

	着地瞬间	最大缓冲瞬间	离地瞬间	缓冲幅度	蹬伸幅度
郑幸娟	159.04	156.65	166.26	2.39	9.61
顾碧威	154.92	151.55	165.07	3.37	14.52
沈勤莉	155.97	148.90	160.36	7.07	11.46
世界优秀运动员		147.83	172.67		24.84

注:缓冲幅度=着地瞬间膝角-最大缓冲瞬间膝角;蹬伸幅度=离地瞬间膝角-最大缓冲瞬间膝角。国内优秀运动员的数据参照陈丽波,我国部分优秀女子背越式跳高运动员最后四步助跑、起跳及过杆技术的运动学分析[D]. 2006, 6; 国外优秀运动员的数据参照王琨,等. 中国与世界优秀女子跳高运动员起跳技术生物力学对比分析[J]. 中国体育科技. 2000, 36(5): 17-19.

要表现为缓冲时间较短。在起跳过程中起跳腿膝角变化小,缓冲幅度较小。郑幸娟起跳腿最大缓冲瞬间膝角偏大,未能充分利用缓冲动作储备肌肉弹性势能和增加蹬伸工作距离。起跳腿蹬伸幅度和起跳垂直加速距离均较小。

5 建议

紧扣跳高完整技术的重点,不断完善起跳技术,加强速度力量的训练。改进、完善跳高起跳技术,抓好助跑与

起跳相结合技术,既要努力加强最后助跑的进攻性,更要正确地完成倒二步摆动腿支撑阶段的动作;既要防止过分强调起跳的技术意识,更要建立助跑最后2-3步准备起跳的正确技术意识,从而使助跑与起跳紧密地衔接起来,为起跳创造条件。掌握起跳腿适度缓冲与充分蹬伸的技术动作,既要适当加大缓冲时间和幅度,充分利用缓冲动作的作用;更要注意提高起跳腿的蹬伸幅度和垂直加速距离,从而提高起跳垂直速度和速度转化率。

参考文献:

- [1] 许耀球,等. 田径运动生物力学[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1990.
- [2] 弗拉基米尔 M. 扎齐奥尔斯基(美国). 运动生物力学[M]. 北京:人民体育出版社,2004, 7: 290-315.
- [3] 陈洁敏,等. 对我国部分优秀男子跳高运动员起跳技术的运动学分析[J]. 中国体育科技, 2001, 37(4): 37-40.
- [4] 程丽平. 江苏省青少年男子背越式跳高运动员助跑最后两步及起跳技术的三维运动学分析[D]. 苏州大学体育学院硕士学位论文, 2004.
- [5] 卢钢,秦永祥. 背越式跳高三维运动的生物力学分析[J]. 中国体育科技, 1998(4): 45-47.
- [6] 弗拉基米尔 M. 扎齐奥尔斯基(美国). 运动生物力学[M]. 北京:人民体育出版社,2004, 7: 290-315.

(责任编辑:何聪)

投稿须知

1. 对稿件的基本要求

(1) 来稿内容必须无政治性错误、不泄露国家机密、不违反国家法律法规,符合本刊刊登内容范畴;撰写文体格式符合本刊要求,执行国家有关标准;不-稿多投。

(2) 论文要求论点明确、论述严谨、数据可靠、图表设计合理、文字简明通顺,具有科学性和可读性。

(3) 论文必须要素齐全,包括中英文题目、作者姓名、中英文作者单位(地址及邮编)、中英文摘要、中英文关键词、正文、参考文献、第一作者简介(姓名、性别、职称或学位、主要研究方向、E-mail地址和联系电话)

(4) 欢迎通过电子邮件投稿,同等条件下,本刊优先发表省部级以上课题文章。

2. 来稿的处理

(1) 来稿经编辑部三审,如符合要求,由编辑部发出录用通知。若投稿2个月没有收到编辑部通知,作者可自行处理。

(2) 本编辑部因人手关系,不录用稿件恕不退稿,请作者自留底稿。

3. 关于版权、著作权的约定

凡自愿投给本刊的文稿,作者未作特殊说明的,本刊将同时获得图书、电子版本与信息网络的使用权。

为适应国家信息化建设的需要,扩大作者学术交流的渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、“中国期刊网”和“万方数据——数字化期刊群”等多家数据库与检索机构,作者著作权使用费和稿酬一次性付给。如作者不同意将自己的文稿编入上述数据库,请在来稿时说明,本刊将作适当处理。

作者应自觉遵守国家有关著作权的法律法规,请勿一稿多投,因违反此规定而引起的一切后果由作者承担。

《体育科研》编辑部