



# “位移新规”实施后我国优秀蹦床运动员比赛成绩的灰色关联度研究

王乐军<sup>1</sup>,王钰婷<sup>1</sup>,吴昊<sup>2</sup>,龚铭新<sup>1</sup>,邹凝祥<sup>1</sup>,邓远志<sup>3</sup>,周同<sup>4</sup>,卢天凤<sup>1\*</sup>

**摘要:**首次以2017年“位移分”蹦床新规则出台后蹦床项目各分项成绩与总成绩的关系为研究视角,以第十三届全国运动会蹦床比赛男、女团体决赛中无明显重大失误的男女运动员比赛成绩作为研究对象,对男女运动员技术分、位移分、难度分、高度分与总分的灰色关联度进行了计算。研究发现,男运动员在难度分、高度分和总分成绩上显著高于女运动员,而完成分和位移分无显著性差异。灰色关联分析结果显示,高度分对总成绩的影响最大,难度分最小,而完成分和位移分的排序则显示出性别差异。这些分项成绩对总成绩的影响大小及性别差异性,揭示了不同分项成绩得分在整体动作评价及相互之间的影响作用,为蹦床项目运动员的针对性训练提供了理论参考。

**关键词:**蹦床;比赛成绩;灰色关联度

中图分类号:G804.6 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2018)02-0100-04

DOI:10.12064/ssr.20180212

## Grey Association Analysis of the Competition Results of the Elite Chinese Trampoline Athletes after the Implementation of the Horizontal Displacement Score Rule

WANG Lejun<sup>1</sup>, WANG Yuting<sup>1</sup>, WU Hao<sup>2</sup>, GONG Mingxin<sup>1</sup>, ZOU Ningxiang<sup>1</sup>, DENG Yuanzhi<sup>3</sup>, ZHOU Tong<sup>4</sup>, LU Tianfeng<sup>1</sup>

(1. Physical Education Department, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Shanghai gymnastics training center, Shanghai 200237, China; 3. Peiyuan Middle School of Changning City, Hengyang 421500, China; 4. Guangzhou Polytechnic of Sports, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** From the aspect of the relationship between the total score and the scores of the different sub-items of trampoline after the issue of the Horizontal Displacement Score Rule in 2017 and taking the male and female athletes, who made no significant mistakes in the group finals of trampoline during the 13th National Games, as the subjects, the article makes a calculation of the gray association of the total score and the scores of technique, horizontal displacement, difficulty and height. The result shows that the scores of difficult, height and the total scores of the male athletes are better than those of the female athletes. And there is no significant difference in the scores of execution and horizontal displacement. The result of the gray association analysis reveals that the score of height has a close correlation to the total score, while the score of difficulty has the least influence on the total score. The ranking of the scores of execution and horizontal displacement shows the difference of gender. The influence of these sub-item scores on the total score and the difference of gender reveal the role of these scores in the overall movement evaluation and their inter-influential functions. The aim of the study is to provide theoretical reference for the effective training of trampoline athletes.

**Key Words:** trampoline; competition results; gray association

蹦床是一项集竞技性、艺术性、观赏性和娱乐性为一体的运动项目,具有“空中芭蕾”的美誉。蹦床项目属于技巧类表现难美性运动项目,其比赛成绩由

技术分、难度分、高度分等不同分项成绩组成。各分项成绩不仅是构成总成绩的组成要素,而且也是反映运动员不同维度专项能力的重要参考指标<sup>[1,2]</sup>。因

收稿日期:2017-10-13

第一作者简介:王乐军,男,副教授,博士。主要研究方向:运动人体科学。E-mail:wlj0523@163.com。

通讯作者简介:卢天凤,女,副教授,博士。主要研究方向:体育教育训练学。E-mail:sytlf@126.com。

作者单位:1. 同济大学 体育教学部,上海 200092; 2. 上海市体操运动训练中心,上海 200237; 3. 湖南省衡阳市常宁市培元中学,衡阳 421500; 4. 广州体育职业技术学院,广州 510650。



此对不同分项成绩与总成绩关系的研究,在前期已引起研究者的关注<sup>[3]</sup>。但在2017—2020年奥运周期的新评分规则中,在过去技术、难度、高度3项评分的基础上,新增了10分的位移分,用以评判选手的落点精准度,同时将技术分由之前的30分减少为20分。这让比赛结果变得更加扑朔迷离,同时各分项成绩与总成绩的关系也变得更为复杂。但目前尚未有研究对“位移新规”后蹦床运动员各分项成绩与总成绩的关系进行研究与探讨。

基于此,本研究通过分析“位移新规”实施后2017年第十三届全运会蹦床比赛中的运动员成绩为研究对象,通过分析技术分、难度分、高度分、位移分与总成绩的关系,揭示“位移新规”后我国优秀蹦床运动员成绩构成之间的特征及相互联系,为蹦床项目的科学化训练提供参考。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

以“位移新规”实施后2017年第十三届全国运动会蹦床比赛中的运动员成绩为研究对象。考虑到比赛成绩的权威性和运动员人数的覆盖面,选择男、女团体决赛中无明显重大失误的男女运动员比赛成绩作为研究分析数据。比赛成绩从官方公布的成绩册获取<sup>[4]</sup>,保证了所分析成绩数据的准确性和权威性。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 文献资料法

通过检索中国知网和Web of science等数据库,查阅蹦床比赛成绩分析的文献资料,为论文的撰写提供参考思路和方法指导。

#### 1.2.2 专家咨询法

通过访谈上海市蹦床队教练员和国内蹦床项目裁判员,了解蹦床项目成绩组成部分及各部分成绩的计算方法、各分项成绩与蹦床运动员专项运动能力的关系等。

#### 1.2.3 视频拍摄及分析法

在比赛现场采用JVC GC-PX10摄像机从正面对运动员比赛动作进行拍摄。在赛后依据对视频的观察分析,了解运动员技术动作特点,并剔除运动员出现重大失误的成绩数据。

#### 1.2.4 灰色关联分析法

采用灰色关联度分析法,对蹦床比赛的各分项成绩(技术分、位移分、难度分、高度分)与总成绩的灰色关联度进行计算,按各分项成绩对总成绩的影

响程度进行关联度排序。灰色关联分析度参照相关文献资料进行计算<sup>[3,5]</sup>。其基本步骤简述如下:(1)以蹦床比赛成绩为母序列(Y),以蹦床技术分(X1)、位移分(X2)、难度分(X3)、高度分(X4)4个分项成绩为子序列,建立成绩母子序列。(2)对母子序列数据,以各原始数据除以各序列平均,以此对原始数据进行标准化处理。(3)计算各子序列与母序列在同一时刻的绝对差值,并列对对应数列表。(4)求关联系数。将(3)中所列的对应数列表中的相应差数(Δ)、最小差数(Δ<sub>min</sub>)和最大差数(Δ<sub>max</sub>)代入灰色关联系数计算公式,即

$$\text{corr} = \frac{\Delta_{\min} + p\Delta_{\max}}{\Delta X + p\Delta_{\max}}$$

其中,参考相关研究文献,P取0.5。

## 2 研究结果

表1和表2分别为2017年全国运动会男子和女子蹦床团体决赛主要运动员得分统计表。分别计算各组运动员各项成绩得分平均值和标准差,如图1所示。从图1可以得知,男子蹦床运动员的技术分、位移分、难度分、高度分和总分分别为15.69±0.61、9.23±0.27、15.90±1.19、16.98±0.41和57.79±1.43分,女子分别为15.87±0.75、9.23±0.22、13.18±1.42、15.47±0.33和53.72±1.75分。男女蹦床运动员在难度分、高度分和总分上具有显著性的差异,男性运动员在上述3项的得分上要显著高于女性运动员,在技术分和位移分上则无显著性差异。

表1 2017年全运会男子蹦床团体决赛主要运动员得分统计

Table 1 Score Statistics of the Key Athletes in the Group Finals of Men's Trampoline in 2017 National Games

| 序号 | 技术分  | 位移分 | 难度分  | 高度分    | 总分     |
|----|------|-----|------|--------|--------|
| 1  | 16.1 | 9.6 | 17.5 | 17.920 | 61.120 |
| 2  | 15.5 | 9.1 | 17.3 | 16.405 | 58.305 |
| 3  | 15.1 | 8.8 | 17.3 | 17.140 | 58.340 |
| 4  | 16.6 | 9.1 | 17.8 | 17.355 | 60.855 |
| 5  | 16.2 | 8.9 | 16.2 | 16.395 | 57.695 |
| 6  | 16.4 | 9.8 | 15.9 | 16.925 | 59.025 |
| 7  | 15.5 | 9.4 | 15.2 | 16.770 | 56.870 |
| 8  | 16.2 | 9.5 | 15.6 | 17.270 | 58.570 |
| 9  | 14.5 | 9.4 | 16.0 | 16.150 | 56.050 |
| 10 | 15.9 | 8.9 | 15.0 | 17.350 | 57.150 |
| 11 | 15.9 | 9.4 | 14.6 | 16.840 | 56.740 |
| 12 | 16.2 | 9.1 | 16.2 | 17.080 | 58.580 |
| 13 | 16.4 | 9.3 | 12.8 | 16.935 | 55.435 |
| 14 | 15.3 | 9.3 | 16.2 | 17.020 | 57.820 |
| 15 | 14.6 | 8.8 | 16.2 | 17.130 | 56.730 |
| 16 | 15.8 | 9.4 | 15.2 | 16.565 | 56.965 |
| 17 | 14.7 | 9.1 | 16.4 | 17.230 | 57.430 |
| 18 | 15.4 | 9.4 | 17.1 | 16.765 | 58.665 |
| 19 | 15.3 | 9.4 | 14.4 | 16.820 | 55.920 |
| 20 | 16.1 | 8.9 | 15.0 | 17.530 | 57.530 |



表 2 2017 年全运会女子蹦床团体决赛主要运动员得分统计

Table II Score Statistics of the Key Athletes in the Group Finals of Women's Trampoline in 2017 National Games

| 序号 | 技术分  | 位移分 | 难度分  | 高度分    | 总分     |
|----|------|-----|------|--------|--------|
| 1  | 16.6 | 9.5 | 15.0 | 15.635 | 56.735 |
| 2  | 16.0 | 9.0 | 14.2 | 15.570 | 54.770 |
| 3  | 16.7 | 9.4 | 13.9 | 15.635 | 55.635 |
| 4  | 15.4 | 9.0 | 13.5 | 15.660 | 53.560 |
| 5  | 16.5 | 9.2 | 12.3 | 15.715 | 53.715 |
| 6  | 16.8 | 9.5 | 13.5 | 15.035 | 54.835 |
| 7  | 16.1 | 9.4 | 12.3 | 15.805 | 53.605 |
| 8  | 16.5 | 9.0 | 13.9 | 15.800 | 55.200 |
| 9  | 16.2 | 9.5 | 14.4 | 15.620 | 55.720 |
| 10 | 15.8 | 9.2 | 13.8 | 15.610 | 54.410 |
| 11 | 13.7 | 9.3 | 14.2 | 14.990 | 52.190 |
| 12 | 16.7 | 9.6 | 14.4 | 15.450 | 56.150 |
| 13 | 16.0 | 9.2 | 13.1 | 15.335 | 53.635 |
| 14 | 15.6 | 9.2 | 14.1 | 15.560 | 54.460 |
| 15 | 14.6 | 9.4 | 13.5 | 15.925 | 53.425 |
| 16 | 15.4 | 9.0 | 13.8 | 15.310 | 53.110 |
| 17 | 14.9 | 9.2 | 13.5 | 14.630 | 52.230 |
| 18 | 16.3 | 9.1 | 9.8  | 15.700 | 50.900 |
| 19 | 15.7 | 8.9 | 13.1 | 15.380 | 53.080 |
| 20 | 15.7 | 8.8 | 9.9  | 15.555 | 49.955 |
| 21 | 16.1 | 9.4 | 10.5 | 14.870 | 50.870 |

表 3 男女蹦床运动员各分项成绩与总成绩的灰色关联度及排序一览表

Table III Gray Association and the Order of the Total Score and Sub-item Scores of the Male and Female Trampoline Athletes

|     | 组别 | 技术分   | 位移分   | 难度分   | 高度分   |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|
| 关联度 | 男子 | 0.734 | 0.726 | 0.645 | 0.812 |
|     | 女子 | 0.792 | 0.834 | 0.677 | 0.836 |
| 排序  | 男子 | 2     | 3     | 4     | 1     |
|     | 女子 | 3     | 2     | 4     | 1     |

### 3 分析与讨论

在灰色关联分析中,基于对分析数据序列与标准序列曲线的接近程度计算灰色关联度,以此量化所分析序列数据对标准序列数据的影响或贡献大小<sup>[6]</sup>。灰色关联分析法是揭示因素间相互影响程度或因子对主行为的贡献程度的一种分析方法,可直观、简便地解决众多因子作用的评价排序及定量分析问题<sup>[7]</sup>。当前,灰色关联分析已广泛应用于运动员竞技能力诊断<sup>[8-10]</sup>、身体素质评价<sup>[11-13]</sup>及不同项目各分项成绩与总成绩关系<sup>[7,15]</sup>的研究之中。

蹦床属于技巧类表现难美性运动项目,“高、难、准、稳、美”是当今竞技蹦床最显著的项目特征和比赛制胜的关键因素<sup>[15]</sup>。在蹦床位移分新规则实施后,蹦床比赛主要得分项由之前的高度分、难度分、技术分 3 项变为高度分、难度分、技术分、位移分 4 部分构成。蹦床的这 4 个分项成绩,也分别诠释了竞技蹦床运动对运动员技术动作“高、难、准、稳”的项目要求。

“高”是指蹦床单个动作的腾空高度和成套动作高度的一致性<sup>[16]</sup>。充分的腾空高度不仅可以增加成套动作的高度分,还为成套动作的完成提供更充足的腾空时间<sup>[16]</sup>。因此,高度在蹦床比赛中具有双重意义,已经成为影响蹦床比赛取胜的核心因素。李健<sup>[1]</sup>研究发现,2011 年高度分规则实施后,男、女蹦床个人项目的发展变化虽不具一致性特征,但仍从提高完成分和总分开始,最终实现难度分、完成分和总分的全面提高。彭远志等通过对参加 2011 年第 28 届世界蹦床锦标赛决赛的 8 名男子运动员蹦床成绩中的难度分、技术分和高度时间分与总成绩的关系进行灰色关联度分析,发现蹦床高度时间分与比赛成绩的关联度最大,表明蹦床运动中高度分与总成绩之间存在非常密切的联系<sup>[3]</sup>。在本研究中,男、女蹦床运动员高度分与总成绩的灰色关联度都排在第一位,表明高度分对男、女蹦床运动员总成绩得分具有最密切的联系和贡献率。

“难”是指蹦床动作的难度和成套动作的难度值<sup>[16]</sup>。在当今的竞技蹦床运动中,竞赛规则鼓励运动员使

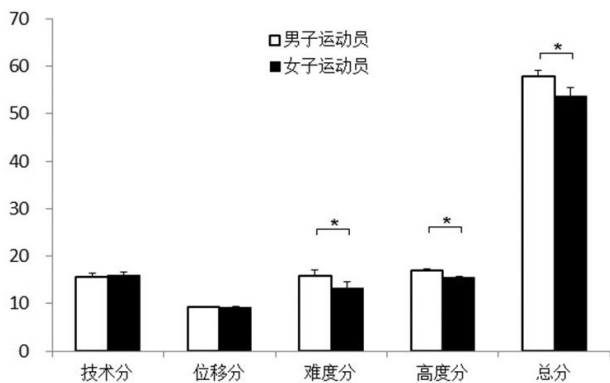


图 1 男女蹦床运动员平均成绩比较图

Figure 1 Comparison between the Average Results of the Male and Female Trampoline Athletes

表 3 为男女蹦床运动员各分项成绩与总成绩的灰色关联度及排序一览表。从表中数据可以获知,男、女蹦床运动员各分项得分与总得分的灰色关联度都在 0.5 以上,说明各分项与总成绩都有显著性的关系<sup>[3]</sup>。从男子各分项得分与总得分的灰色关联度上,高度分排在第一位,灰色关联度为 0.812。其次为技术分,灰色关联度为 0.734。排在第三位的是位移分,灰色关联度为 0.726,其值与技术分灰色关联度相近。排在最后的是难度分,其值为 0.645。在女子蹦床运动员各分项得分与总得分的灰色关联度上,排在第 1~4 位的分别为高度分、位移分、技术分和难度分,其灰色关联度分别为 0.836、0.834、0.792 和 0.677。



用更多更高难度的动作,以提高比赛的观赏性和促进蹦床运动项目的发展。但是应该看到,在4个分项得分中,难度分与总成绩的灰色关联度数值排在最后,说明难度分对于男、女蹦床运动员成绩得分的总体影响和贡献要弱于高度分、完成分和位移分。从理论上分析,难度分的增加势必会对动作高度、完成质量和稳定性产生影响,进而影响高度分、完成分和位移分<sup>[17]</sup>。因此技术动作难度分的增加对于蹦床运动员是一把双刃剑,在训练和比赛中需要统筹难度分增加对其他分项成绩和总成绩的影响作用。

“准”主要是指蹦床运动中起网、空中翻转、下落、着网及压网等技术动作的准确性<sup>[18]</sup>。技术分作为考察运动员动作准确性和完成质量的分项成绩,主要反映了运动员动作与标准动作的“准”确程度。前期研究认为,在蹦床比赛中,动作的难度是获胜的基础,动作高度是获胜的保证,动作质量是获胜的关键<sup>[18]</sup>。对于蹦床难度分、技术分和高度时间分与总成绩的灰色关联度分析结果显示,技术分与蹦床总分灰色关联度达到了0.698,仅次于高度分与总分的灰色关联度0.754。在本研究中,男、女蹦床运动完成分与蹦床总分的灰色关联度分别高达0.734和0.792,在男、女运动员各分项成绩与总成绩的灰色关联度中分别排在第二和第三的位置,说明完成分对蹦床成绩的重要贡献度。

“稳”指蹦床运动员技术动作表现的稳定性,主要从动作落点位移大小及动作失误或失败率等角度衡量<sup>[16]</sup>。位移分是2017年新规则出台后新引入的比赛得分项,用以量化运动员落点的稳定性。由于本研究只考察比赛未出现重大失误的运动员成绩,因此位移分可以较好地反映出运动员技术动作的“稳”。从灰色关联度分析结果看,男、女蹦床运动位移分与蹦床总分的灰色关联度分别高达0.726和0.834,显示出位移分对总成绩的重要影响。在蹦床比赛中,运动员的位移分极易因环境和运动员心理等原因而产生波动,进而影响动作的完成质量和总体成绩<sup>[19-21]</sup>。因此位移分对总成绩的影响作用不仅仅体现在位移分本身,还对动作完成质量甚至动作是否可以顺利完成产生重要的影响,这也正是位移分对总成绩产生重要影响的原因<sup>[22]</sup>。对于男、女运动员在位移分与总成绩灰色关联度的差异性,分析认为可能是因女运动员的高度分和难度分显著低于男运动员,由此增加了位移分对总成绩的影响而造成。

因此通过以上分析可以看出,高度分、难度分、完成分、位移分分别诠释了蹦床“高、难、准、稳”的项目特征和比赛制胜的关键因素。在各分项成绩中,高度分对总成绩的影响最大,难度分最小,而完成分

和位移分的排序则显示出性别差异。这些研究结果提示,在蹦床运动项目的比赛和训练实践中,首先,应把发展蹦床运动员的高度分放在重要的位置。其次,在发展高度分的同时,要根据运动员能力特点发展难度适宜的比赛动作,切忌片面追求动作难度,要更注重对动作质量和稳定性的训练。

但是也要注意,灰色关联度指标只是从各分项成绩与总成绩变化曲线几何形状的接近程度角度量化各分项成绩对总成绩的影响及贡献。在本研究中各分项成绩与总成绩的灰色关联度也都在0.5以上,说明各分项成绩的变化对总成绩都有显著性的影响与贡献。由于运动员各制胜因素彼此之间存在复杂的影响与相互联系,在运动员竞技水平发展的不同阶段,制胜主导因素的作用都不能完全替代其他制胜因素,而是通过相互优化组合构建一个高效的整体,从而使得运动员的竞技水平处于最佳的状态<sup>[15]</sup>。因此,运动训练中,在重点发展某分项成绩的同时,应统筹考虑该单项成绩改变对其他分项成绩及总成绩的影响作用,以避免对训练体系系统性和运动员技能水平动态平衡状态的破坏,进而更加科学合理的安排训练计划。

#### 4 结论

位移分新规则实施后,男运动员在难度分、高度分和总分成绩上显著高于女运动员,而完成分和位移分无显著性差异。灰色关联分析结果显示,高度分对总成绩的影响最大,难度分最小,而完成分和位移分的排序则显示出性别差异。这些分项成绩对总成绩的影响大小及性别差异性,揭示了不同分项成绩得分在整体动作评价及相互之间的影响作用,为蹦床项目运动员的针对性训练提供了理论参考。

#### 参考文献:

- [1] 李健. 高度分规则实施前、后世界蹦床网上个人项目比赛成绩变化特征研究[J]. 中国体育科技. 2015(03):36-40.
- [2] 郭奕海,张予南,郭小洋. 世界优秀女子蹦床运动员比赛成绩构成特征的分析[J]. 北京体育大学学报. 2006(01): 128-129.
- [3] 彭远志,朱孟彬,唐星星. 世界优秀男子蹦床运动员比赛成绩的灰色关联度分析——兼论影响因子之间的辩证发展[J]. 南京体育学院学报(自然科学版). 2013(02): 43-46.
- [4] 中华人民共和国第十三届全运会组织委员会. 中华人民共和国第十三届运动会官网[Z]. 2017.
- [5] Wang J, Eltayyar M E S S, Wu J, et al. The Grey Cor-



relation Analysis between Technology Readiness Level and Performance in Civil Aircraft[J]. JOURNAL OF GREY SYSTEM. 2016, 28(1): 109-117.

- [6] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [7] 王乐军, 殷静, 许以诚, 等. 谢文骏与刘翔 110m 栏分段成绩与总成绩的灰色关联度对比分析[J]. 体育科研. 2016(05): 96-99.
- [8] 朱礼金. 世界优秀女子蹦床运动员竞技水平分析——兼析我国优秀女子蹦床运动员备战奥运会的不足与对策[J]. 中国体育科技. 2012(04): 65-70.
- [9] 徐明欣, 王童, 潘新铭. 灰色关联分析在运动员竞技能力诊断中的应用[J]. 青岛大学学报(自然科学版). 2001(03): 85-90.
- [10] 徐明欣, 王童, 王秉彝, 等. 运动成绩与竞技能力内在关系灰色关联分析[J]. 首都体育学院学报. 2001(01):93-96.
- [11] 刘满金, 杜旭超. 我国优秀散打运动员竞技能力结构与运动成绩的整体关联度研究[J]. 广州体育学院学报. 2009(02): 82-85.
- [12] 邓万金. 一级男子百米运动员身体素质与运动成绩的灰色关联度分析[J]. 山东体育科技. 2005(03): 13-14.
- [13] 杜和平. 世界优秀男子跳高运动员的各项身体素质指标与其运动成绩间的灰色关联度分析[J]. 北京体育大学学报. 2006(05): 706-707.

- [14] 黄昌美. 世界优秀男子铅球运动员运动成绩与身体素质的灰色关联分析[J]. 山西师大体育学院学报. 2009(01): 92-95.
- [15] 金成全. 北京奥运会体操男子全能成绩的灰色关联分析[J]. 体育科技文献通报. 2010(01): 31-32.
- [16] 朱礼金. 训练学视角下蹦床比赛制胜规律的哲学思考与层次解析[J]. 中国体育科技. 2013(05): 35-42.
- [17] 方伯生. 优秀男子蹦床运动员预跳高度与运动成绩的关系[J]. 中国体育教练员. 2016(01): 43-44.
- [18] 刘爱梅, 朱礼金. 新规则周期世界优秀女子蹦床运动员技战术特征及我国蹦床训练策略研究[J]. 山东体育学院学报. 2014(04): 93-97.
- [19] 徐毅成, 刘波. 蹦床运动规则的变化对成绩与排名的影响——以第 30 届奥运会男子蹦床比赛为例[J]. 浙江体育科学. 2013(02): 55-58.
- [20] 牛雪松, 刘兴. 我国优秀蹦床运动员网上非技术性位移的初步研究[J]. 沈阳体育学院学报. 2003(03): 89-91.
- [21] 朱礼金. 世界优秀女子蹦床运动员竞技水平分析——兼析我国优秀女子蹦床运动员备战奥运会的不足与对策[J]. 中国体育科技. 2012(04): 65-70.
- [22] 张健驰. 蹦床运动员下落时位移对其成绩的影响[J]. 南京体育学院学报(自然科学版). 2007(03): 66-68.

(责任编辑:何聪)

(上接第 90 页)

4.3 在场地自行车全力冲刺骑行中, 后期降速的程度是体现我国女子场地自行车运动员速度水平的重要指标。

4.4 场地自行车全力冲刺骑行后期, 运动员的踝关节活动度有所下降, 但高水平运动员降幅较小, 踝关节活动度下降可能是影响自行车短距离项目运动员速度耐力的因素之一。可在今后训练中增加下肢小肌肉群的速度耐力训练。

### 参考文献:

- [1] Murian A., Deschamps T., Bourbousson J., et al. Influence of an exhausting muscle exercise on bimanual coordination stability and attentional demands[J]. Neurosci. Lett., 2008, 432 (1), 64-68.
- [2] James C., Martin, Nicholas A., Brown T. Joint-specific power production and fatigue during maximal cycling[J]. Journal of Biomechanics, 2009, 42:474-479.
- [3] Allen D., Lamb G., Westerblad D. H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms[J]. Physiol. Rev., 2008, 88

(1):287-332.

- [4] Mornieux G., Guenette J., Sheel A.W., et al. Influence of cadence, power output and hypoxia on the joint moment distribution during cycling[J]. Eur. J. Appl. Physiol., 2007, 102 (1):11-18.
- [5] Zajac F.E., Neptune R. R., Kautz S.A. Biomechanic sandmuscle coordination of human walking. Part I: introduction to concepts, power transfer, dynamics and simulations[J]. GaitPosture, 2002, 16(3):215-232.
- [6] 黄勇, 王乐军, 龚铭新, 等. 自行车运动员下肢肌肉sEMG 特征及与输出功率的相关性[J]. 上海体育学院学报, 2010, 34(5):64-67.
- [7] 熊开宇, 全如璐, 延烽, 等. 自行车踏蹬圆滑度测定分析系统的研制与应用[J]. 中国体育科技, 1999, 35(7):36-38.
- [8] 郑晓鸿, 延烽. 当前我国场地自行车项目高水平女子运动员踏蹬状态的初步研究[J]. 北京体育师范学院学报, 1997, 9(2):28-36.

(责任编辑:何聪)