

不同训练水平大学生狮尾“北狮高台左右180° 飞跃直接站腿”动作差异的 APAS 力学分析

陈峰

(湖北大学 体育学院, 湖北 武汉 430062)

摘要: 目的: 本研究通过分析不同训练水平的北狮运动员在进行“北狮高台左右180°飞跃直接站腿”动作时关键位置的动作差异, 指导北狮运动员进行动作改进以提高动作完成率。方法: 对某高校训练年限分别为5年、1.5年的北狮狮尾大学生运动员各1名, 对其动作进行拍摄, 使用高速摄像机对两名运动员的“北狮高台左右180°飞跃直接站腿”动作进行拍摄, 使用APAS三维运动解析系统对视频进行数字化解析, 并用SPSS软件进行独立样本 t 检验, 得出结果。结果: (1) 不同训练水平的北狮运动员的重心点位坐标值存在非常显著的差异 ($p < 0.01$), 训练水平高的北狮运动员重心更低并且更加靠后; (2) 在肩关节与髋关节两处的发现均与重心点位的发现一致 ($p < 0.01$); (3) 高水平狮尾的膝关节角度明显大于低水平的膝关节角度 ($p < 0.01$)。结论: 无论是通过图像观察还是通过数字化解析, 训练水平的差异在动作上的表现都非常明显。

关键词: 北狮; 北狮狮尾; 力学分析; APAS

APAS Mechanical Analysis of The Difference of The Lion Tail “180° Leap Directly Standing Leg” Movement of College Students with Different Training Levels

CHEN Feng

(School of Physical Education, Hubei University, Wuhan 430062, Hubei, China)

Objective: This study aimed to analyze the key position movement differences among Northern Lion athletes with varying training levels during the “Northern Lion 180° leap and direct leg stand on a high platform” action, in order to guide the athletes in improving their movements and enhance the completion rate of the action. Method: Two Northern Lion tail athletes from a university, with training durations of 5 years and 1.5 years respectively, were selected for the study. Their movements were filmed using a high-speed camera, capturing the “Northern Lion 180° leap and direct leg stand on a high platform” action. The APAS 3D motion analysis system was used to digitally analyze the videos, and SPSS software was employed for an independent samples t -test to derive the results. Results: (1) There were very significant differences in the center of gravity coordinates among Northern Lion athletes with different training levels ($p < 0.01$). Athletes with higher training levels had a lower and more backward center of gravity; (2) The findings at the shoulder and hip joints were consistent with those of the center of gravity ($p < 0.01$);

(3) The knee joint angle of the high-level Lion tail was significantly greater than that of the low-level ($p<0.01$).

Conclusion: Whether through visual observation or digital analysis, the differences in training levels are very evident in the movements.

Key words: North lion dance; Lion tail; Mechanical analysis; APAS

1 引言

舞狮运动具有较强的民族特色,它融合了中华传统文化的多种元素,发展成了多种表演形式和多种评价方式相结合的地域性民族传统运动。现在的舞狮已将舞蹈、杂技和武术,以及中国传统文化融为一体,上升到了文化领域的范畴。随着国家改革开放的不断深化,舞狮这项具有鲜明民族特色的民间传统体育活动,正以其独特的艺术形象和鲜明的民族风格享誉海外。它已成为中华民族的象征,中国文化的代表^[1]。

目前关于“北狮”的研究主要集中在狮文化研究、现行规则下的发展方向、北狮训练研究等方面。例如,汪海从功能特征、动作技术特征、取胜因素三个方面概括了北狮运动的专项特征,他认为训练中应该加强身体素质训练,重视基本动作,加强难度动作的训练,并加强竞赛规则学习^[2]。此外,在对现行规则的适应方面,也有研究提出要适应现行规则的要求,理解现行规则所强调的内容,适应新的规则,以取得更好的成绩^[3-5]。但是,有关北狮运动员具体动作分析的研究较为缺乏,具体动作的训练指导依旧停留在传统的依靠经验判断层面,缺少科学化的分析与讨论。而对于北狮运动员各技术动作的生物力学分析是极为重要的,通过分析,能够帮助运动员更好地掌握技术动作,降低运动损伤的风险,提高在赛场上的运动表现。

APAS 三维运动解析系统是由 R.C. 纳尔逊博士所发明的运动学、动力学软件,是目前体育行业不可替代的动作分析软件之一,有学者在对跨栏跑过栏技术的分析中对比了 APAS 与动作捕捉系统的差距,研究表明 APAS 可以对跨栏过栏进行运动学、动力学分析并得到比较真实的反映运动技术规律的参数^[6-8]。且该系统在武术、散打、篮球、网球等运动中均有着较为成熟的使用经验^[9,10]。因此,本实验采用该系统对北狮运动员的“北狮高台左右 180° 飞跃直接站腿”动作进行数字化分析比较。此动作的关键是最后一次狮尾下放狮头,接着将狮头向上提拉,使狮头站立于狮尾大腿上,其中狮头下放接提拉的过渡过程是决定这个动作完成质量的关键因素,原因在于狮尾下放狮头到最低处至向上开始提拉狮头的一瞬间,其动作完成时间短,决定了在空中所需要做的调整,这一瞬间对于整体动作质量所起到的作用是

不可替代的^[11]。

基于此,本研究的目的是通过 APAS 三维动作解析系统的力学分析功能与统计学工具,对不同训练水平的北狮狮尾动作进行研究,旨在比较不同训练水平北狮运动员的“左右 180° 飞跃直接站腿”动作差异,对后续北狮狮尾训练提供科学指导。

2 研究方法

2.1 实验对象

选用某高校龙狮团一位训练年限 5 年、多次获得全国比赛奖项并且获得国家龙狮协会颁发健将级证书的北狮狮尾(即高水平组)和一位入团训练时间一年半的北狮狮尾(即低水平组)参加本次实验。对狮尾运动员的运动数据进行测量,身体指标数据如表 1 所示。

表 1 实验对象基本情况

	身高 /cm	体重 /kg	年龄	训练年限
高水平狮尾	174	89	22	5
低水平狮尾	187	90	20	1.5

2.2 实验方案

1) APAS 操作步骤

使用 APAS (Ariel performance analysis system) 三维运动分析系统,对狮尾的动作进行摄影并编码。因该动作在进行分析的时间段内只有基于观测者来说的水平与垂直方向的运动,不存在前后方向的运动,故无须合成三维数据,因此仅用一台摄像机从正面拍摄。将观测者冠状面与水平面相交线设定为 X 轴,冠状面与矢状面相交线设定为 Y 轴。根据 APAS 使用特点,所建立坐标系原点应设置在稳定、突出且利于后续数据处理的位置,因此将原点设置在最高桌面左侧靠近摄像机的角,以此为原点建立坐标系,所得位置数据均为该点位置相对于原点的坐标轴内位置数据。使用舞狮身体模型,共标记 20 个点位,分别为左右脚趾、脚跟、踝、膝、髌、腰、左右腕、肘、肩及下巴与双耳连线中点处。

2) 实验设施及步骤

北狮跳台共有三个桌台,左右两边各有一个在观测者角度同一水平面内、同一冠状面内的表演高台,两桌台中间为高于两桌台、台面与左右两台面平行的高台,中间高台也与两侧高台在同一冠状面内,三个高台台面均为1.5米×1.5米的正方形,高度均为0.8米。选取龙狮团正常训练时间段进行拍摄工作,高水平组与低水平组的北狮运动员分别进行三次“北狮高台左右180°飞跃直接站腿”动作展示,展示中间无故意间隔时间(日常训练中,训练动作间也无故意间隔时间),连续三次完成动作,选取被试自我感觉最好的一次动作进行分析。使用高速摄像机以每秒100帧画面的帧率对动作进行拍摄。相机高度1.5米,左右位置设置于中间高台的正中间,与高台的距离设置原则为所有动作均能够被完整地拍摄且不发生变形,经过调试后将摄像机与高台的距离设置为4米。

3) 实验目的与假设

本实验的目的是通过SPAS软件研究不同训练水平的狮尾在进行“北狮高台左右180°飞跃直接站腿”动作时的动作差异,以期通过这些差异为后续训练提供指导。

实验提出三项假设:

- (1) 高水平狮尾的身体重心比低水平狮尾的重心更低;
- (2) 高水平狮尾各关节的位置比低水平狮尾各关节的位置更低;
- (3) 高水平狮尾各关节角度与低水平狮尾各关节角度之间存在差异。

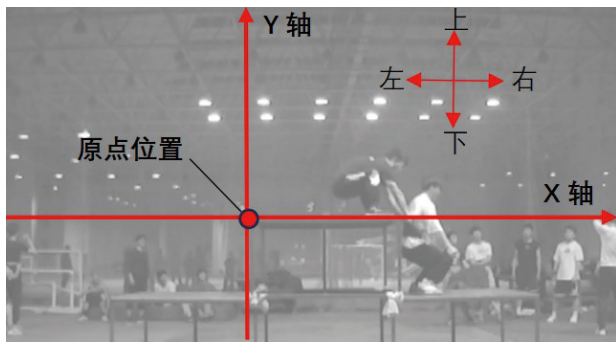


图1 坐标轴原点位置及方向示意图

2.3 动作讲解

“北狮高台左右180°飞跃直接站腿”动作包含三次180°的飞跃和一次起跳站腿。其中,站腿效果是评判动作完成度和美观度的主要标准,影响站腿动作的关键是最后一次180°飞跃的落地与站腿的起跳动作,对狮尾来说,这两个动作可以被概括为下放与提拉。本研究将

该环节分为三个部分,即下放、最低点、提拉三个阶段。

下放阶段为狮头双脚触地至不再产生明显重心下降动作为止,最低点为狮尾完全到达重心最低点的时间范围,提拉阶段为狮头开始有明显重心上移到狮头双脚接触狮尾大腿的时间段。在“最低点处”,狮尾蹲于中间高台边(本研究中两队均在右侧),狮头位于右侧高台上,狮尾抓住狮头腰带进行提拉,此时狮尾一般需要屈髋屈膝,保证手的位置足够低以能够抓得住腰带,以将狮头提拉至中间高台上,双脚站于狮尾大腿上。本研究仅对“最低点”时的动作进行分析与讨论。

2.4 数据分析

使用JVC高速摄像机以每秒100帧的帧率对舞狮运动员的动作进行拍摄,并使用狸窝剪辑软件对视频进行格式转换,随后使用APAS三维运动解析系统(Ariel Performance Analysis System)对转换后视频进行逐帧剪辑,总保留帧数101帧,设定每隔3帧采集一帧,可以避免受到跳帧所带来的画面丢失的影响。对25帧画面进行打点解码,并使用APAS对视频进行数字化解析、编码与运动学分析。最后,使用Excel、SPSS对数据进行整理分析,得出结果。

3 研究结果

3.1 动作成功率

本研究共拍摄了高水平、低水平两队狮尾各三次动作表现,高水平队员三次均成功完成,而低水平队员只有一次成功完成,成功率仅为33%,另外两次尝试中,一次在完成站腿后滑落,未能稳定进行站腿后的展示,另一次在站腿时,狮头未能找到狮尾大腿的位置,直接踩空导致了动作的失败。在对视频进行观看分析时发现,低水平狮尾在提拉阶段与站腿时有明显的脚步移动,而高水平狮尾则没有,这可能是导致动作成功或失败的直接原因。

3.2 重心位置比较

重心是影响动作稳定性、成功率的关键因素,对低水平与高水平狮尾最低点的重心位置进行比较,发现高水平狮尾在最低点的重心X轴值($p<0.01$)与Y轴值($p<0.01$)均显著低于低水平,见表2。

表2 重心X轴、Y轴位置比较

分组		M	±SD	t	P
X轴	高水平	210.93	0.59	-191.87	0.00
	低水平	240.19	0.44		
Y轴	高水平	58.93	1.36	-17.48	0.00
	低水平	67.62	1.96		

高水平狮尾的重心在 X 轴上的平均值比低水平狮尾小 29.26 厘米, 在 Y 轴上比低水平狮尾小 8.69 厘米, 在 Y 轴上的差距小于 X 轴上的差距, 高水平狮尾的重心点位在 X 轴与 Y 轴上的值都在统计学上非常显著地小于低水平狮尾, 这意味着高水平狮尾的重心明显比低水平更加靠左、下, 特别是更加靠左。相同杠杆支撑点时, 动力臂越大, 所需动力越小, 在本动作中, 踝关节为杠杆支点, 狮尾的重心靠左, 导致狮尾的动力臂更大, 在拉动狮头时所需力量更小, 有利于狮尾在进行提拉动作时保持稳定。低水平狮尾在最低点时的重心比高水平狮尾更偏上、偏右, 这导致低水平狮尾在接下来的提拉动作中需要付出更大的注意力以掌控平衡和付出更大力量进行提拉动作, 更容易导致失误。

表 3 重心高度相对值比较

分组	平均值	标准偏差	t	P
重心高度	2.95	0.07	18.35	0.00
相对值	2.57	0.07		

但是由于高水平狮尾的身高低于低水平狮尾, 因此使用调节后的重心高度数值进行比较 (公式为重心高度相对值 = 身高 / 重心 Y 轴值), 如表 3 所示。可以看出, 调整后高水平的重心高度相对值显著大于低水平 ($p < 0.01$), 可见两组的重心高度的差异来源是由于本身的身高差异, 而非动作差异, 在动作上, 新手狮尾甚至依靠动作差异拉近了与高手狮尾的差距。从重心比较来说, 高手狮尾的绝对重心高度显著低于新手狮尾, 而高手狮尾的重心高度相对值却显著大于新手狮尾, 这证明新手组狮尾通过动作上的差异, 使重心相对于自己的身体位置下降比高手狮尾更多。

3.3 髋关节位置比较

髋关节动作对重心、动作协调性都是至关重要的, 特别是在存在下蹲与站立动作时, 髋关节对相应动作的协调参与直接影响了动作的美观度与完成度。对低水平狮尾与高水平狮尾在最低点时的髋关节 X 轴、Y 轴数据进行比较, 发现高水平狮尾髋关节 X 轴数据在统计学上显著小于低水平狮尾的 X 轴数据 ($p < 0.01$), 这表明高水平狮尾髋关节位置在 X 轴方向上比新手狮尾髋关节靠左, 二者的差距为 26.93 厘米。Y 轴方向上的差距为 13.28 厘米, 高低水平狮尾的髋关节位置在 Y 轴方向上的差异比在 X 轴方向上的差异更小, 但这种差异也在统计学上非常显著 ($p < 0.01$) (如表 4 所示)。髋关节的位置差异是导致高水平狮尾重心离狮头更远的原因之一。高水平狮尾在下蹲时向下、向左的程度更大, 所做提拉动作也就越省力, 有利于在接下来的

提拉阶段稳定发力, 可以有效避免动作失误。

表 4 髋关节 X 轴、Y 轴位置比较

分组		<i>M</i>	± SD	<i>t</i>	<i>P</i>
<i>X</i> 轴	高水平	176.49	1.26	-64.57	0.00
	低水平	203.42	1.55		
<i>Y</i> 轴	高水平	56.47	1.60	-18.74	0.00
	低水平	69.75	3.00		

3.4 肩关节位置比较

由于在本动作中狮尾动作处于屈髋屈膝状态, 需要前伸手臂以提拉狮头, 同时需要通过屈髋屈膝以使重心向下、向后移动, 保证重心的稳定, 因此肩关节位置可以在一定程度上反应躯干部分前屈程度。对低水平和高水平的肩关节位置的 X 轴、Y 轴数据对比, 高水平狮尾与低水平狮尾的肩关节位置呈现出与重心、髋关节相同特征 (如表 5 所示)。高水平狮尾的肩关节在 X 轴上比低水平的狮尾小 29.41 厘米, 在 Y 轴上比低水平狮尾小 9.72 厘米, 与重心和髋关节一样, 高水平狮尾的肩关节在 X 轴方向上的差距大于在 Y 轴方向上的差距, 但是两者均在统计学上具有显著差异 ($p < 0.01$), 低水平狮尾肩关节更靠近狮头, 导致低水平狮尾重心靠近狮头。

表 5 肩关节 X 轴、Y 轴位置比较

分组		<i>M</i>	± SD	<i>t</i>	<i>P</i>
<i>X</i> 轴	高水平	222.31	1.55	-86.10	0.00
	低水平	251.72	0.54		
<i>Y</i> 轴	高水平	69.50	2.53	-12.08	0.00
	低水平	79.22	2.91		

3.5 小腿角度 (小腿与 X 轴正方向的夹角) 比较

由于狮尾的足部均平踏在桌面, 因此对狮尾小腿角度的测量可以显示出其踝关节屈伸情况。此外, 小腿的角度影响到整个下肢的环节角, 是影响动作稳定性的重要指标。因此对不同训练水平的小腿角度进行了编码与分析。

表 6 小腿角度比较

分组		<i>M</i>	±SD	<i>t</i>	<i>P</i>
左	高水平	99.72	6.87	5.22	0.00
	低水平	92.13	1.88		
右	高水平	86.27	3.98	3.52	0.00
	低水平	83.23	1.43		
AVG	高水平	92.99	4.77	5.28	0.00
	低水平	87.68	1.24		

对高水平狮尾与低水平狮尾的小腿角度进行对比,发现高水平狮尾的小腿环节与X轴正方向的角度显著大于低水平狮尾,其左小腿角度比低水平左小腿角度大7.59度($p<0.01$),右腿比低水平角度大3.04度($p<0.01$),平均比低水平小腿环节角度大5.31度($p<0.01$)(如表6所示)。这表明同样以踝关节为转动中心冠状面为转动面,高水平狮尾向左转动的幅度显著大于低水平狮尾,此环节的左倾会带来整个腿部环节的重心向左、向下的变化。

3.6 膝关节角度比较

膝关节角度是重心位置的重要影响因素,屈膝越深,重心越低,伸膝幅度上限也就越大。就传统训练方法来看,降低重心有利于稳定控制身体,但在动态动作中,紧接着的伸膝动作又会要求更多的维持稳定所需要的注意力与伸膝过程所需要的力量。

表7 膝关节角度比较

分组		<i>M</i>	$\pm$ SD	<i>t</i>	<i>P</i>
左	高水平	101.20	4.76	5.21	0.00
	低水平	91.84	7.41		
右	高水平	81.53	3.83	0.78	0.44
	低水平	80.70	3.48		
AVG	高水平	91.36	2.07	4.52	0.00
	低水平	86.27	5.12		

通过对两组被试者膝关节角度差异的独立样本 t 检验,可以发现高水平狮尾的右膝关节角度与低水平狮尾没有显著差异($p>0.05$),但是高水平狮尾的左膝关节角度与平均膝关节角度都显著比低水平狮尾更大($p<0.01$)(如表7所示)。此外,高水平的平均膝关节角度也明显大于低水平($p<0.01$)。这表明高水平狮尾虽然重心比低水平狮尾更低,但是其膝关节屈曲角度却比低水平大,即膝关节屈曲程度比低水平的更小,在进行动作的时候,更小的膝关节屈曲程度,却有着更低的重心,这也支持了前文中二者中心高度相对值的结果。

4 讨论

高水平狮尾的重心与低水平相比,X轴方向上靠左,Y轴方向上靠下,且靠左的程度大于靠下的程度,这种重心的差异导致了高水平在进行动作时的稳定性远远大于低水平,高水平在进行“高台180°飞跃接直接站腿”动作时的成功率远远高于低水平。在视频拍摄过程中,低水平在进行动作展示时的成功率仅为33%,低水平在左一步站腿过程中,易出现狮头已经找到狮尾大腿的位置,但是无法站稳,导致坠落的情况。这种情况的出现

源于两个因素:一是狮尾下蹲幅度不足,大腿与地面的夹角太大,导致站腿动作不易完成;二是狮尾本身重心不够稳定,需要调整站脚位置以保持平衡。这两个问题都可以通过提高狮尾的动作稳定性来解决,完成动作需要狮尾保持动作稳定,在最左的站腿环节一步踏定,做出足够程度的下蹲,以使狮头能够得到足够的站立支撑,防止失误的出现。此外,正如本研究中所观察到的,专家狮尾的重心相对值是明显高于新手的,因此本研究仅能确定不同水平狮尾由动作所导致的重心差异来自X轴方向上的差异,而不能确定Y轴方向上的差异,这使得身高对于重心的影响,进而导致的对舞狮运动动作的影响无法被确定,还需要进一步研究以阐明其中关系。

髋、肩关节的位置,能够更加具体地显示高水平与低水平之间的动作差异。从结果所显示的数据来看,髋关节位置与肩关节位置的数据特点都与重心位置的数据特点相同,即高水平狮尾在X轴方向上的位置比低水平狮尾偏左,在Y轴方向上的位置比低水平狮尾偏下,而且X轴方向上的差异大于Y轴方向上的差异。这种差异表明两个组动作完成率的差异可能更多的是来源于重心位置的X轴方向上的差别,而非简单的重心越低,动作越稳定。这点从APAS views能够更加清晰地看出来,如图2所示。

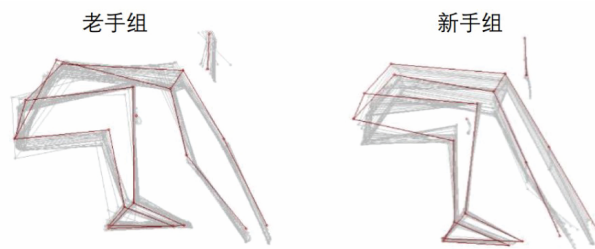


图2 APAS views 对比图

低水平与高水平狮尾的下肢差异对动作差异的反应非常特别,二者的膝关节角度不同,高水平膝关节角度大,若固定小腿,则高水平的下肢动作应导致更高的重心。然而事实是,高水平的重心比低水平的重心要低,这被高水平狮尾自身身高低于低水平狮尾所解释,由于下肢环节向身左的倾斜,带来了高水平重心向身左移动的结果,直接导致了二者的重心的X轴方向差异。低水平的膝关节屈曲程度明显大于高水平,这表明低水平在进行提拉的过程中有更多的伸膝关节动作的可能,这也可能导致不同训练水平狮尾在稳定性上的表现。此外,两个水平狮尾屈膝角度的大小差异印证了其重心高度相对值的差异,膝关节角度越大,重心高度相对值就越大。

总之,研究结果从各个方面印证了不同训练水平狮尾的动作差异,各个关节位置与关节角度支持了动作差异所导致的重心位置差异,即高水平狮尾的重心比低水平更加远离狮头所在位置,特别是在X轴方向上的远离趋势更为明显。此种差异解释了不同训练水平狮尾动作完成度、成功率与美观度的差异。不同训练水平的狮尾的动作差异的表现通过APAS三维运动解析系统得到了数字化、科学化的分析。

5 结论与建议

5.1 不同训练水平狮尾的重心位置存在差异

低水平北狮狮尾在“北狮高台左右180°飞跃直接站腿”动作训练的最低点时,重心位置比高水平狮尾偏高、偏右,但是两者重心高度相对值关系相反,即低水平狮尾的重心高度相对值低于高水平狮尾。能够确定的是高水平狮尾的重心比低水平狮尾更靠左,但无法确定的是重心更低的动作是否对保持舞狮运动表现提升有影响。

5.2 不同训练水平狮尾的关节位置存在差异

低水平狮尾的髋关节与肩关节位置在动作最低点时与高水平有明显差异,低水平的两个关节位置都比高水平更高,更右,两个关节位置特征都与重心的位置特征相吻合。

5.3 不同训练水平狮尾的关节角度存在差异

不同训练水平北狮狮尾的下肢环节、关节角度有差异,高水平的膝关节角度更大,环节角度向左倾的趋势更明显。

5.4 关节位置与重心位置的差异存在共同特征

无论是重心还是两个关节位置的差异,X轴方向上的差异都大于Y轴方向上的差异,且由于两者重心高度相对值与重心高度相悖,因此比起重心的下放,更要注意重心的左倾。

参考文献

- [1] 张延庆. 中国舞狮的起源与文化演变[J]. 体育文化导刊, 2003(11): 77-78.
- [2] 汪海, 王磊, 梅林琦, 等. 北狮运动的专项特征及其训练应用研究[C]. 2022年中国体育非物质文化遗产大会, 中国上海, 2022.
- [3] 雷军蓉, 莫兰, 崔伶敏. 舞龙舞狮竞赛规则的修订对北狮技术发展的影响[J]. 搏击(武术科学), 2012, 9(2): 102-105.
- [4] 薛源, 罗杨. 新规则下竞技北狮训练方法的对策性研究[J]. 河北体育学院学报, 2013, 27(1): 93-96.
- [5] 刘云东. 现行规则对竞技北狮训练的研究[D]. 武汉: 武汉体育学院, 2020.
- [6] 张治平. APAS三维运动解析系统与运动捕捉系统跨栏跑过栏技术的对比分析[J]. 新西部(下半月), 2007(8): 247, 254.
- [7] 王勤海, 帅伟. APAS三维运动解析系统与运动捕捉系统分析跨栏跑过栏技术的对比分析[J]. 体育科技文献通报, 2007(9): 72-73, 86.
- [8] 尹荣荣, 李树屏. 2015年全国跳水冠军赛男子10m跳台跳水起跳技术分析[J]. 湖北体育科技, 2016, 35(7): 614-618.
- [9] 李瑞森. 竞技北狮狮尾运动员的专项体能训练研究[C]//中国智慧工程研究会, 中国班迪协会, 广东省体能协会. 第十届中国体能训练科学大会论文集(上). 云南大学体育学院, 2023: 4.
- [10] 刘晓壮. 北狮的专项体能特征及其训练方法研究[C]//中国班迪协会, 澳门体能协会, 广东省体能协会. 第八届中国体能训练科学大会论文集. 中央民族大学体育学院, 2023: 4.
- [11] 刘云东. 现行规则对竞技北狮训练的研究[D]. 武汉: 武汉体育学院, 2020.