



基于人工神经网络的蹦床运动员竞技能力结构评价模型的构建与应用

王乐军¹, 王钰婷², 龚铭新¹, 邹凝祥¹, 俞 华³, 章晓菁³, 叶晓东³

摘 要:目的:建立蹦床运动员竞技能力结构评价指标体系,在此基础上构建基于人工神经网络的蹦床运动员竞技能力结构评价模型,为蹦床运动员竞技能力结构的个性化诊断及针对性训练提供参考。方法:以上海市体操运动中心 16 名蹦床运动员为研究对象,对受试者进行 3 次跨度 6 个月以上的初选指标测试。基于因子分析建立蹦床运动员竞技能力结构评价指标体系。在此基础上以竞技能力结构评价指标为自变量,运动员成绩为因变量,构建运动员竞技能力结构的人工神经网络评价模型,并开发运动员竞技能力结构评价系统。结果:蹦床运动员竞技能力结构指标体系由身体形态、身体素质、专项技术和心理素质 4 个维度构成,包括腿长、腿长/身高比、纵跳高度、原地立臂角度、60 s 悬垂举腿、立卧撑、网上腾空高度、空跳高度/原地纵跳高度比、着网瞬间立臂角度、30 次空跳高度下降率、状态焦虑水平和特质焦虑水平共 12 个指标。所构建的 Elman 人工神经网络模型由 12 个输入节点、9 个隐含层节点和 1 个输出层节点组成,模型预测精度在 95.87%~99.37%,平均预测精度高达 97.66%。结论:构建了基于人工神经网络的蹦床运动员竞技能力结构评价模型,模型具有较好的预测精度。在训练中,可应用人工神经网络对竞技能力结构进行评价,动态获知竞技能力结构改变对总体运动成绩的影响作用。该研究对于蹦床运动员竞技能力结构的综合评价和针对性训练可提供科学性指导意见。

关键词:蹦床;竞技能力结构;人工神经网络

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2022)05-0084-07

DOI: 10.12064/ssr.2021090701

A Research on Competitive Ability Structure Model of Trampoline Athletes Based on Artificial Neural Network

WANG Lejun¹, WANG Yuting², GONG Mingxin¹, ZOU Ningxiang¹, YU Hua³, ZHANG Xiaojing³, YE Xiaodong³

(1. Physical Education Department, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Research Institute of Sport Science&Shanghai Anti-Doping Agency, Shanghai 200030, China; 3. Gymnastic Training Center, Shanghai Elite Sport Training Administrative Center, Shanghai 202162, China)

Abstract: This study aims to establish the evaluation indices system and competitive ability structure model of trampoline athletes and thus to provide reference for personalized diagnosis and sport training of trampoline athletes. Sixteen trampoline athletes participated in the test of preliminary evaluation index for three times with six-month interval for two consecutive tests. The final evaluation indices were determined by the factor analysis of test data and the competitive ability structure model of trampoline athletes based on artificial neural network was established, in which the evaluation indices were taken as independent variables while the sport performance was taken as dependent variable. It finds that the competi-

收稿日期: 2021-09-07

基金项目: 上海市体育局科技综合计划项目(16Z013)。

第一作者简介: 王乐军,男,博士,副教授,硕士生导师。主要研究方向:运动人体科学。E-mail:wj0523@163.com。

作者单位: 1.同济大学 体育教学部,上海 200092;2.上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心),上海 200030;
3.上海市竞技体育训练管理中心 体操中心,上海 202162。



tive ability evaluation indices of trampoline athletes can be divided into four parts of physical appearance, physical ability, special ability, psychology quality and consisted of leg length, ratio of leg length to height, vertical jump height, shoulder flexibility angle, tuck hang times in 60-second, standing-to-push-ups times in 30-second, height of arch on trampoline, ratio of arch height on trampoline to vertical jump height, shoulder flexibility angle in the landing moment, decrease ratio of height of arch during 30-times vertical jump on trampoline, state anxiety level and trait anxiety level. The Elman artificial neural network was established with twelve input nodes, nine hidden layer nodes and one output node. The prediction accuracy of the model was between 95.87% and 99.37%, and the average prediction accuracy is as high as 97.66%. In conclusion, a competitive ability structure model of trampoline athletes based on artificial neural network was constructed. The model has high prediction accuracy and can be used to the evaluation and training improvement program of the competitive ability structure of trampoline athletes.

Keywords: trampoline; structural model of athletic ability; artificial neural network

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,属于技巧类、表现难美性运动项目,对运动员的心理素质、空间感觉、力量、柔韧、灵敏、协调和节奏感等诸多能力素质都有着非常高的要求。运动员必须进行专门化的训练才能掌握复杂的蹦床技术及适应项目对身体素质多方面的要求^[1]。因此只有通过科学合理的运动训练,才能培养出良好的蹦床竞技能力,进而取得优异的成绩。

竞技能力即指运动员的参赛能力,由具有不同表现形式和不同作用的体能、技能、战术能力、运动智能和心理能力所构成,并综合地表现于专项竞技的过程之中^[2]。竞技能力是运动员比赛成绩最重要的决定因素。在具体的运动实践中,由于运动员竞技能力不同,要素之间存在着非常复杂的联系,且各组成要素普遍存在发展不均衡等问题^[2-3]。因此研究构建不同项目、不同运动员个体化的竞技能力结构模型对于指导运动员进行科学的针对性训练意义重大。

当前针对蹦床运动员竞技能力结构指标的研究较少,大多相关研究仅仅从身体形态等单一维度对蹦床运动员的竞技能力素质进行了探讨,缺乏对竞技能力结构指标的综合探讨与评价,不能科学全面地对蹦床运动员的竞技能力进行评价和诊断。通过前期的调研发现,当前国家队和各省市蹦床队在运动员竞技能力结构的评价方面缺乏科学有效的方法,在蹦床运动训练方法上仍是以网上训练为主的较为单一的训练模式,不能很好地针对蹦床运动员竞技能力结构的具体特点进行个性化和针对性的训练。而目前已有研究人员基于人工智能建模方法对射击^[4]、网球^[5]运动员的竞技能力结构诊断评价问题进行了探索与应用,取得了较好的效果。

因此,本研究拟对蹦床运动员竞技能力结构的

评价问题进行研究,通过构建基于人工神经网络的蹦床运动员竞技能力结构评价模型,为蹦床运动员竞技能力结构进行个性化的评价与分析,为从理论上科学认识蹦床运动的专项特点提供依据,此外也为指导运动员的训练实践提供科学化的建议。

1 研究方法

1.1 专家访谈法

对蹦床项目教练员、裁判员、运动员和相关科研人员进行访谈,了解蹦床运动项目的竞技规程、运动员的竞技能力结构及运动训练方法等,为获取蹦床运动员竞技能力评价初选指标体系提供基础。

1.2 现场调研法

长期跟踪观察蹦床运动项目运动员的训练和比赛情况,并对日常训练内容、训练手段方法进行收集和分析,从训练一线了解研究的相关信息,为蹦床运动员竞技能力初选指标的制定提供思路和参考。

1.3 实验测试法

1.3.1 实验对象

以上海体操运动中心 16 名蹦床运动员为研究对象。受试者年龄(14.84±2.73)岁,身高(157.65±7.25) cm,体重(45.06±9.28) kg。所有受试者皆有 3 年以上的蹦床专项训练经历,其中健将级运动员 6 名,一级运动员 7 名,二级运动员 3 名。

1.3.2 测试指标及方法

每位受试者分别在 2018 年 1 月、2018 年 8 月和 2019 年 3 月进行 3 次测试。对蹦床运动员竞技能力评价初选指标进行测试,具体测试指标如表 1 所示。采用皮尺和体重计对身体形态指标进行测试。采用秒



表、皮尺、纵跳高度测试仪、坐位体前屈测试仪等测试工具对运动员的纵跳高度、30 s 背肌测验次数、坐位体前屈距离、30 s 立卧撑次数、立定跳远、60 m 加速跑、30 s 悬垂举腿次数、60 s 悬垂举腿次数、30 s 仰卧

两头起次数等身体素质指标进行测试。在立臂角度测试时,受试者靠墙原地站立,躯干贴近墙壁,两手握杆,距离与肩同宽,手臂伸直,并尽力靠近墙壁,采用量角器测量手臂与墙壁之间的夹角,即为立臂角度。

表 1 蹦床运动员竞技能力评价初选指标

Table1 The trampoline athlete competitive ability evaluation primary indicators

一级指标	二级指标
身体形态	身高、体重、腿长、BMI、腿长身高比
身体素质	立臂角度、纵跳高度、30 s 背肌测验次数、坐位体前屈距离、30 s 立卧撑次数、立定跳远、60 m 加速跑、30 s 悬垂举腿次数、60 s 悬垂举腿次数、30 s 仰卧两头起次数
专项技术	网上高度 / 纵跳高度、空跳高度、触网时间、30 次空跳高度损失率、一周半空翻速度、两周半空翻速度、入网瞬间立臂角度、入网角度、压网深度 / 体重、水平位移
心理素质	状态焦虑、特质焦虑
成绩表现	比赛成绩、教练员评分

在蹦床网上进行专项技术指标的测试。受试者分别进行 30 次最大能力的连续空跳、一周半空翻和两周半空翻,共 3 次测试。采用 8 台 Mars2 型号红外高速摄像头的三维运动捕捉系统 (Nokov 科技公司生产)对受试者测试过程中的运动学参数进行采集,获取网上腾空高度、触网时间、30 次空跳高度损失率、一周半空翻速度、两周半空翻速度、入网瞬间立臂角度、入网角度、压网深度 / 体重、水平位移等专项技术指标。其中,一周半空翻速度和两周半空翻速度为所翻转的角度(分别为 540°和 900°)除以空翻所用时间,单位为(°)/s。

心理素质指标的测试采用问卷调查法。在运动员参加重大比赛前夕,对其发放《状态-特质焦虑问卷》(Charles Spielberger 于 1977 年编制,并于 1983 年修订),对受试者的状态焦虑水平和特质焦虑水平进行测试。每位受试者分别进行 3 次测试,相邻 2 次测试时间间隔在半年以上。

1.4 统计分析法

采用因子分析法对初选指标进行筛选,因子提取的方法选择主成分法,因子提取的标准为:特征值>1。基于因子分析中各指标在各公因子上的载荷值,确定各公因子代表性指标,最终完成对初选指标的筛选。

1.5 数学建模法

以基于因子分析所获取的竞技能力结构评价指标为输入量,以运动成绩为输出量,构建 Elman 人工神经网络模型。该模型除了输入层和输出层,还有一个特别的隐藏层,称为状态层,该层从普通隐层接收反馈信号。

本研究以 16 位受试者的 42 组数据作为学习样

本进行训练,以 6 位受试者的另外 6 组数据作为预测样本输入到已经训练过的 Elman 神经网络中完成识别,并将输出结果与样本实际值进行比较。

采用动态反向传播学习算法,即梯度下降法对网络进行训练,目标是通过网络各层权值调节,使样本输出与辨识输出的均方差达到最小。

隐层神经元个数根据经验公式^[6]: $H=\sqrt{N+M}+1$ (H 为隐层节点个数,其中 N 为输入神经元的个数,为 1 到 10 之间的整数,M 为输出层个数),经过网络优化过程^[7]确定隐层节点的个数。关联层节点的个数与隐层单元的个数相同。

模型基本参数如表 2 所示。

表 2 Elman 人工神经网络模型参数

Table2 The Elman artificial neural network model parameters

项目	内容
人工神经网络模型	Elman 人工神经网络
隐藏层的层数	1 层
输入层的人工神经元数	12 个
隐藏层的人工神经元数	9 个
关联层节点的个数	9 个
输出层的人工神经元数	1 个
学习循环算法	动态反向传播学习算法
样本训练	16 位运动员,共 42 组数据

1.6 软件工程法

在构建蹦床运动员竞技能力结构评价模型的基础上,采用 Visual Studio 2008 编程开发环境和 Microsoft Office Access 数据库管理系统,采用 C# 编程语言进行计算机编程,并调用 Matlab 人工神经网络算法,开发出蹦床运动员竞技能力结构评价系统。对



系统进行不同模块的单元测试及试用,以对系统中存在的基本问题进行修改与完善。

2 结果与分析

2.1 蹦床运动员竞技能力结构指标体系构建研究

竞技能力结构指标反映了特定运动项目对竞技能力的功能要求及要素构成特征,为便于对其进行认识和研究,常将其划分为一级指标和二级指标(有时也会因问题复杂性而进一步细分为更多级)。从蹦床运动项目对人体运动能力的要求出发,在查阅大量国内外有关文献资料的基础上,通过与上海市蹦床队教练员、运动员访谈,制定了蹦床运动员竞技能力评价初选指标体系,一级指标包括身体形态、身体素质、专项技术、心理素质 4 个方面。在一级指标基础上,分别列出二级指标(表 1)。

在上海体操运动中心蹦床队日常训练和比赛中,对 16 名蹦床一、二线运动员的上述指标进行测试,获得各指标数值。测试共进行 2 次,时间间隔 6 个月以上。采用因子分析分别对测试运动员的身体形态、身体素质和专项技术初选指标进行分析。各因子的纳入标准为:特征根 >1 。获得各维度因子分析结果如表 3~5 所示。

表 3 蹦床运动员身体形态测试指标因子分析与命名、指标选取结果

Table3 The factor analysis and nomenclature of trampolene athlete's body shape test index and results of index selection

代号	贡献率/%	主成分命名	代表性指标	其他指标
1	66.048	身体长度围度因子	腿长	体重、身高、BMI
2	24.487	身材比例因子	腿长/身高比	
累计	90.535	KMO 值=0.706		

表 4 蹦床运动员身体素质测试指标因子分析与命名、指标选取结果

Table4 The factor analysis and nomenclature of trampolene athlete's physical constitution test index and results of index selection

代号	贡献率/%	主成分命名	代表性指标	其他指标
1	40.284	爆发力因子	纵跳高度	立定跳远、背肌测试、60 m 跑
2	22.317	柔韧性因子	立臂角度	坐位体前屈
3	16.628	腹肌力量因子	60 s 悬垂举腿	30 s 悬垂举腿
4	9.108	灵敏协调因子	立卧撑	仰卧两头起
累计	88.337	KMO 值=0.704		

表 5 蹦床运动员专项技术测试指标因子分析与命名、指标选取结果

Table5 The factor analysis and nomenclature of trampolene athlete's specific technique test index and results of index selection

代号	贡献率/%	主成分命名	代表性指标	其他指标
1	41.889	网上速度因子	腾空高度	一周半空翻速度、两周半空翻速度
2	25.451	网性因子	空跳高度/原地纵跳高度比	踏网时间、压网深度/体重、水平位移
3	14.822	专项技术因子	着网瞬间立臂角度	入网角度
4	11.595	网上速度耐力因子	30 次跳高度下降率	
累计	93.757	KMO 值=0.697		

蹦床运动员身体形态测试指标可分为身体长度围度因子和身材比例因子,其中身体长度围度因子的代表性指标为身高,其他指标包括体重、BMI、腿长。身材比例因子的代表性指标为腿长身高比。

蹦床运动员身体素质测试指标因子包括爆发力因子、柔韧性因子、腹肌力量因子和灵敏因子。爆发力因子的代表性指标为纵跳高度,此外还包括立定跳远、背肌测试、60 m 跑。柔韧性因子包括立臂角度和坐位体前屈,代表性指标为立臂角度。腹肌力量因子包括 60 s 悬垂举腿和 30 s 悬垂举腿,代表性指标为 60 s 悬垂举腿。灵敏协调因子包括立卧撑和仰卧两头起,代表性指标为立卧撑。

在蹦床运动中,纵跳高度是影响运动员成绩的关键因素,充分的空跳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^[89]。立臂角度是上海市蹦床队教练员在长期的蹦床专项训练过程中总结出的指标,良好的立臂角度可以减少人体重心与支撑脚连线在网面的偏移量,提高重力压网面的效率和提高人体在网面的稳定性。因蹦床运动存在大量的快速蹬伸、空中展体等技术,对不同动作的快速转换具有较高的要求,对运动员的腹肌力量和灵敏协调性提出较高的要求^[90]。60 s 悬垂举腿和立卧撑作为反映腹肌力量和灵敏协调性的指标,对于蹦床运动员的成绩具有较大的影响。

蹦床运动员专项技术测试指标因子包括网上速度因子、网性因子、专项技术因子、网上速度耐力因子。网上速度因子包括腾空高度、一周半空翻速度、两周半空翻速度,代表性指标为腾空高度。网性因子包括空跳高度/原地纵跳高度比、踏网时间、压网深



度/体重、水平位移,代表性指标为空跳高度/原地纵跳高度比。专项技术因子包括着网瞬间立臂角度和入网角度,代表性指标为着网瞬间立臂角度。网上速度耐力因子的代表性指标为30次跳高度下降率。

腾空高度是构成蹦床总成绩的组成部分,同时也是影响动作质量的重要因素,对于运动员的最终成绩具有关键的影响作用^[8-9]。空跳高度/原地纵跳高度比反映了运动员在原地下肢弹跳能力基础上利用蹦床网面获取最大腾空高度的能力,体现了运动员的网性能力,是蹦床运动员的核心专项竞技能力^[11]。着网瞬间立臂角度反映了运动员在压网过程中控制身体姿势和调整人体重心的能力,对于维持运动员动作稳定性和增加运动员压网效率都具有重要的影响。此外,由于蹦床比赛需要运动员连续完成若干次的预跳和10次成套动作,对于下肢肌肉耐力具有较高的要求,30次跳高度下降率反映了运动员的下肢速度耐力,也是构成蹦床运动员竞技能力的重要指标。

此外,在本研究中,状态焦虑水平和特质焦虑水平也被列为蹦床运动员竞技能力结构评价指标。焦虑是指个体担心不能达到目的或者不能战胜困难和障碍时,感到自尊心受到持续威胁而形成的一种忧愁紧张并带有惧怕成分的情绪状态^[12]。特质焦虑是个体在不同环境、不同时间场景中都维持相当稳定的人格心理特征;状态焦虑是指个体在特定环境中所表现出的焦灼和忧虑状态,是个体依据情境变化出现暂时性的、会随着时间发生波动的情绪反应。由于蹦床运动的高失误率和高危险性,对心理焦虑水平的控制能力是影响蹦床运动员比赛成绩的重要因素,而状态焦虑水平和特质焦虑水平作为评价运动员焦虑水平的常用指标,可以反映蹦床运动员的心理调节能力。

2.2 蹦床运动员竞技能力结构评价模型研究

在确定了蹦床运动员竞技能力结构指标体系的基础上,以竞技能力结构各指标为自变量,运动成绩得分为因变量,进行全变量线性回归分析,获得各指标系数如表6所示。

最终所确立的线性全回归模型为:成绩得分 = $40.781 \times \text{腾空高度} + 3.521 \times \text{纵跳高度} + 16.406 \times \text{空跳高度/原地纵跳高度比} - 0.98 \times \text{状态焦虑水平} - 0.423 \times \text{特质焦虑水平} + 0.431 \times 60 \text{ s 悬垂举腿} - 0.285 \times \text{立臂角度} - 34.698 \times 30 \text{ 次跳高度下降率} - 0.068 \times \text{着网瞬间立臂角度} + 23.12 \times \text{腿长/身高比} + 0.046 \times \text{腿长} + 0.086 \times \text{立卧撑} - 120.315$ 。

从标准化回归系数看,因标准化回归系数为各指标原始数据进行标准化后建立的方程,其系数的

绝对值大小反映了该指标对因变量影响的大小。因此,对成绩得分影响最大的是网上腾空高度,其次为纵跳高度和空跳高度/原地纵跳高度比。此外,状态焦虑和特质焦虑水平对成绩的影响也非常显著。

表6 基于线性回归分析的各指标系数

Table6 The coefficients of each index based on linear regression analysis

	非标准化系数	标准化系数
腾空高度/m	40.781	8.618
纵跳高度/m	3.521	6.899
空跳高度/原地纵跳高度比	16.406	6.072
状态焦虑水平/分	-0.98	-1.968
特质焦虑水平/分	-0.423	-0.934
60 s 悬垂举腿/次	0.431	0.518
立臂角度/(°)	-0.285	-0.452
30次跳高度下降率	-34.698	-0.26
着网瞬间立臂角度/(°)	-0.068	-0.243
腿长/身高比	23.12	0.121
腿长/m	0.046	0.063
立卧撑/次	0.086	0.029
常量	-120.315	

为检验所构建模型的预测精度,以上海市蹦床运动员在日常训练和比赛中的数据作为样本,计算上述竞技能力结构的12个指标,并带入模型进行计算,并将预测值与实际值进行比较(表7)。线性回归模型预测精度保持在90.84%~98.17%,人工神经网络模型预测精度保持在95.87%~99.37%。

表7 线性回归模型与人工神经网络模型测试样本实际值与模型计算结果比较

Table7 The actual values of linear regression model and artificial neural network model were compared with the calculated results of the model

编号	实际值	线性回归模型		人工神经网络模型	
		预测值	精确度	预测值	精确度
1	100.10	92.58	92.49%	97.33	97.23%
2	94.60	86.91	91.87%	91.12	96.32%
3	88.80	83.06	93.54%	87.12	98.11%
4	94.70	91.65	96.78%	94.10	99.37%
5	78.90	71.67	90.84%	75.64	95.87%
6	84.00	82.46	98.17%	83.19	99.04%

为比较人工神经网络模型与线性回归模型在预测精度方面的差异性,以上海市蹦床运动员在日常训练和比赛中的6组预测样本数据为依据,计算出预测值与时间值的相关系数、平均预测精度、最大预

测精度、最小预测精度等指标。由表 7 可知,人工神经网络模型预测值与实际值的相关系数为 0.926,具有高度显著性相关关系。线性回归模型的预测值和实际值的相关系数为 0.893,也具有非常显著的相关关系。在预测精度方面,人工神经网络模型也表现出优于线性回归模型的优势。

2.3 蹦床运动员竞技能力结构评价系统研发

在构建蹦床运动员竞技能力结构评价模型的基础上,采用软件工程法构建蹦床运动员竞技能力结构评价系统,实现运动员竞技能力结构的综合评价,并提供历史数据的比较分析等功能。系统总体功能模块如图 1 所示。

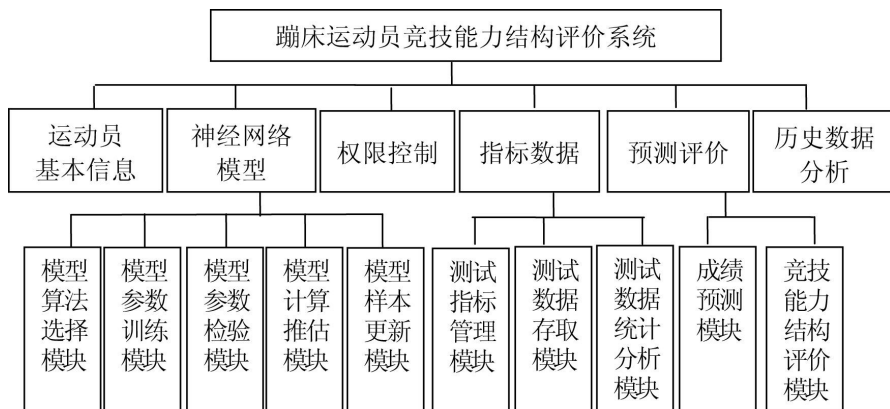


图 1 蹦床运动员竞技能力结构评价系统总体功能模块

Figure1 The overall function module of trampoline athlete competitive ability structure evaluation system

系统主要菜单包括文件、指标、数据、模型、工具、帮助 6 个部分。系统主界面如图 2 所示。

指标	实测结果	目标结果	成绩提高幅度 (%)
纵跳高度 (m)	42	42.42	0.08
着网瞬间立臂角度 (°)	55.95	55.39	0.03
状态焦虑 (得分)	30	29.70	0.17
腿长身高比	0.57	0.574	0.04
腿长 (m)	92	92.92	0.06
腾空高度 (m)	3.7	3.73	0.32
特质焦虑 (得分)	31	30.69	0.14
立卧撑 (次)	20	20.2	0.06
立臂角度 (°)	16.06	15.9	0.04
空跳原地纵跳高度比	8.8	8.89	0.13
60秒悬垂举腿 (次)	28	28.28	0.09
30次跳高度下降率	0.05	0.05	0.02

图 2 蹦床运动员竞技能力结构评价系统主界面

Figure2 The main interface of trampoline athlete competitive ability structure evaluation system

2.4 蹦床运动员竞技能力结构评价模型的应用

应用所研发的蹦床运动员竞技能力结构评价系统,以上海市一线蹦床运动员张××2017 年的测试结

果为例,通过人工神经网络分别计算张××竞技能力结构中各指标分别提高 1%后对总成绩的影响,如表 8 所示。



表 8 基于张××日常竞技能力结构数据的成绩预测
Table8 The performance prediction based on the structural data of Zhang×× daily competitive ability

	测试结果	测试结果 提高 1%	成绩提高 幅度
腿长 /m	92.00	92.92	0.06%
腿长身高比	0.57	0.574	0.04%
纵跳高度 /m	42.00	42.42	0.08%
立臂角度 / (°)	16.06	15.90	0.04%
60 s 悬垂举腿 / 次	28.00	28.28	0.09%
立卧撑 / 次	20.00	20.20	0.06%
腾空高度 /m	3.70	3.73	0.32%
空跳高度 / 原地纵跳高度比	8.80	8.89	0.13%
着网瞬间立臂角度 / (°)	55.95	55.39	0.03%
30 次跳高度下降率	0.05	0.05	0.02%
状态焦虑 / 分	30.00	29.70	0.17%
特质焦虑 / 分	31.00	30.69	0.14%

腾空高度增加1%对成绩的影响最大,其次为空跳高度 / 原地纵跳高度比、状态焦虑、特质焦虑,其提高幅度都超过了 0.1%。而其他指标提高 1%对总成绩的影响都小于 0.1%。这些预测结果可以为运动员的针对性训练提供有价值的指导意见。

3 结论

构建了蹦床运动员竞技能力结构评价指标体系,并建立了基于人工神经网络的蹦床运动员竞技能力结构评价模型,模型具有较好的预测精度。在此基础上,开发了蹦床运动员竞技能力结构评价系统。在诸多竞技能力指标中,网上腾空高度、空跳高度 / 原地纵跳高度比、纵跳高度、状态焦虑和特质焦虑水平对成绩的影响非常显著。在训练中,可应用人工神经网络对竞技能力结构进行评价,动态获知竞技能力结构改变对总体运动成绩的影响,对蹦床运动员竞技能力结构的综合评价和针对性训练可提供科学性指导意见。

参考文献:

- [1] 黄强.我国蹦床单人网上竞技水平与世界先进水平的调研[J].中国体育科技,2002,38(2):52-54,61.
- [2] 王清.我国优秀运动员竞技能力状态诊断和监测系统的研究与建立[M].北京:人民体育出版社,2004.
- [3] 田麦久.运动训练学[M].2版.北京:人民体育出版社,2000.
- [4] 庞俊华.射击运动员训练适应状态的神经网络评价模型研究[J].天津体育学院学报,2007,22(5):441-444.
- [5] 张乐,魏振钢,姚晓晓,等.改进的 RBFNN 在运动员竞技状态预测中的应用[J].计算机工程与应用,2008,44(9):217-219.
- [6] 吴涛.蹦床运动员竞技能力的研究[J].南京体育学院学报(自然科学版),2010,9(4):65-67.
- [7] 李岩,董云振,李珂.竞技能力结构模型的分析与新议:皮球理论模型的建立[J].北京体育大学学报,2010,33(2):116-118.
- [8] 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,2016,24(1):43-44.
- [9] 王乐军,王钰婷,吴昊,等.“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[J].体育科研,2018,39(2):100-104.
- [10] 矫镇红.对我国优秀女子蹦床运动员专项身体素质结构及评价标准的研究[J].体育科学,2006,26(10):59-64.
- [11] 马爱迪.上海市青少年蹦床运动员“网性”的生物力学评价研究[D].上海:同济大学,2019.
- [12] 王霆,闫笑,李建英.国家射箭队备战第 18 届亚运会不同训练阶段焦虑水平变化的研究[J].中国体育科技,2020,56(7):71-78.

(责任编辑:刘畅)