

·竞赛与训练·

优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构的建立和特征

王立国¹, 陈松², 刘俊一¹, 季朝新²

(1.东北师范大学 体育学院, 吉林 长春 130024; 2.东北大学 体育部, 辽宁 沈阳 110819)

摘 要: 为探索优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构特征, 选取在吉林省冰上中心进行集训的短道速滑队女队员30名, 运用专家访谈、问卷调查、实验测试等方法测得代表运动员竞技能力的39个指标, 对这些指标进行分析以找出短道速滑运动员竞技能力的“中心节点”和“平衡点”, 探讨短道速滑运动员竞技能力网络结构特征。结果显示: 在所选取的节点中, 拥有边数最多的是体能类节点中的30 m跑(15条边)和最大摄氧量(14条边), 可以认为这两个指标是短道速滑运动员的中心节点; 在所选取的节点中, 弯道技术是连接各个子能力之间的桥梁, 说明弯道技术是短道速滑中比较重要的1项指标; 在体能的23个节点中, 共拥有43条边, 说明体能是短道速滑运动员竞技能力最重要的一个组成部分, 短道速滑运动员的体能是其整体竞技能力最为重要的子能力。结果说明: 竞技能力网络拓扑模型可以揭示运动训练学方面的规律, 能够更好地确定最佳竞技能力, 可以确保运动员以最佳的竞技状态投入到比赛中。

关键词: 竞赛与训练; 竞技能力; 复杂网络理论; 短道速滑

中图分类号: G862.1 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2017)04-0128-05

The establishment and characteristics of an excellent short track speed skater competitive ability network structure

WANG Li-guo¹, CHEN Song², LIU Jun-yi¹, JI Chao-xin²

(1.School of Physical Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;

2.Department of Physical Education, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

Abstract: In order to explore the characteristics of an excellent short track speed skater competitive ability network structure, the authors selected 30 female skaters in a short track speed skater team trained at the ice center of Jilin province, measured 39 indexes that represent athlete competitive abilities by applying methods such as expert interview, questionnaire survey and experiment testing etc, analyzed these indexes in order to find out the “central nodes” and “balance points” of short track speed skater competitive abilities, probed into the characteristics of the excellent short track speed skater competitive ability network structure, and revealed the following findings: among the selected nodes, the nodes that have the biggest numbers of edges are 30m run (15 edges) and maximum oxygen uptake (14 edges) in the nodes in the stamina category, the two indexes can be considered as the central nodes of short track speed skaters; among the selected nodes, the curve technique is a bridge connecting various sub-abilities, which indicates that the curve technique is an important index in short track speed skating; among the 23 nodes of stamina, there are totally edges, which indicates that stamina is the most important constituent part of short track speed skater competitive abilities; a short track skater's stamina is the most important sub-ability of his/her overall competitive abilities. The said findings indicate that the competitive ability network topology model can reveal the patterns in sports training science, better determine optimal competitive abilities, and ensure that skaters can go into competition in the optimal competition condition.

Key words: competition and training; competitive ability; complex network theory; short track speed skating

收稿日期: 2016-08-20

基金项目: 教育部人文社会科学基金项目(15YJA890015)。

作者简介: 王立国(1963-), 男, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 运动训练原理与方法。E-mail: wanglg270@nenu.edu.cn

近年来,竞技能力网络结构理论以及实证研究,不但拓展了运动训练理论的新视野,为竞技能力创新性研究探索了新范式,而且在不同竞技项目进行求证的过程中得到了进一步的明确^[1-2]。短道速滑是一项体、技能主导类周期竞速性运动项目,对于这类项目运动员的竞技能力是决定比赛胜负最关键的因素。因此,总结和探索此类项目优秀运动员的竞技能力网络结构特征,不仅对研究竞技能力网络结构的理论具有重要意义,而且对世界短道速滑队员的运动训练也具有实践价值。

课题组根据前期指标的调查、筛选,共选取了39个有关该项目运动员的竞技能力指标,其中包括形态类指标(下肢长度/身高、坐高/身高、大腿围度/下肢长度、克托莱指数),体能类指标(体脂率、最大摄氧量、最大心率、100 m跑、1 min快骑自行车、最大负重深蹲等23个指标),技战能类指标(起跑姿势、滑跑姿势、跟滑节奏、弯道技术、滑跑技术稳定性、把握时机能力。因技术和战术指标较少,所以文中将其合并且统称为技战能)和心理能力类指标(比赛焦虑、决策执行力、自我牺牲意识、抗干扰能力、抗压力能力、场地适应能力)。形态类指标采用现场测试;体能类指标主要在训练基地直接进行测试,技战能指标由3位高级教练评分,然后取平均分;心理指标主要通过发放问卷和教练员评分等方式获取。测试前先印制测试专用卡,指标直接录入到EXCEL中储存,然后将数据运用Matlab2013进行相关分析,再根据结果构建相关的网络拓扑图。

1 优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构的构建

1.1 竞技能力网络结构中的“节点”

在网络结构中,最重要的就是选取网络结构中的“节点”,因为“节点”是构成网络结构的基础。在竞技能力网络结构中,节点代表竞技能力构成的基本要素。由于不同运动项目其竞技能力侧重点不尽相同,因此,本研究将体能主导类的短道速滑项目竞技能力的子能力分为形态类、体能类、技战能类、心理能力类^[3]。竞技能力各子能力均有自身所包含的3级指标,这些3级指标就构成了竞技能力网络结构的节点。本研究对竞技能力结构“节点”的筛选严格按照专家访谈和问卷调查的结果进行。因此,在前期的调查问卷中选择竞技能力的3级指标作为网络结构的节点,即竞技能力中的3级指标是网络拓扑结构中最基本的单位。

1.2 竞技能力网络结构中的“边”

个体之间友谊模式、公司之间商业关系模式以及

家族之间联姻模式,这些都是已被研究的网络^[4-5]。研究的数学模型强调节点度分布应用于所有网络的重要性,这是第一个提出节点度分布科学家的主要观点。在现实生活中,而这两个看似不相关的事物可能通过一些事物存在一定的联系,两个事物就是我们将要研究的点,他们的关系就是我们研究的边,他们之间产生的多重关系就是我们研究的权重^[6-7]。本研究中竞技能力网络结构的“边”,就是确定竞技能力选取的节点之间的相关关系;如果相关性非常大,则证明选取的节点之间存在“边”,如果相关性特别小,则不存在“边”。竞技能力网络结构“边”的建立,是构成网络结构的重要部分。

在竞技能力中,两个节点之间的耦合就是竞技能力的边,所生成的这条边不属于任何节点,是竞技能力网络中所特有的一部分。如在竞技能力中,跳远成绩与百米成绩存在一定的关系。一般来说,跳远成绩越好,百米成绩也就越好。但竞技能力中也不完全是正相关关系,如有氧能力的增强往往会伴随着无氧能力的减弱,呈现的关系就是负相关关系^[8-9]。

确定节点之间的边,就需要先确定两个节点之间的系数。目前,计算两个节点之间系数最常用的方法就是数学统计方法中的系数。如一个节点结果为 Y ,另一个节点结果为 X ,则我们可以列出公示 $Y/X=a$,其中 a 就是 X 的系数。网络拓扑结构的边并不是建立起来就不改变的,而是随时发生着变化,也就是说网络拓扑结构是动态的,这也是网络拓扑结构的一个典型特点。

1.3 竞技能力网络结构的初步建立

在竞技能力研究方面,有学者指出竞技能力网络属于无标度网络,具有小世界现象,在竞技能力演化升级过程中,会呈现增长性、异质性、鲁棒性、高聚集性和较短路径等特征^[10-12],其在竞技能力连接边的问题上进行了简单的归类,却没有考虑竞技能力子能力之间的桥梁作用。在短道速滑的竞技能力网络结构中,竞技能力的不同组成内容就是网络结构中的“点”,不同内容之间的关系就是网络结构中的“边”,不同内容之间产生相互影响的关联就是网络结构之间的权重。这在以往竞技能力模型研究中也有所涉及,如速滑3000 m世界纪录创造者李金艳的目标模型为形态指标、素质、机能、技术、战术、心理、智能,这也为以后的训练指明了方向^[13-14]。

在竞技能力网络结构中,竞技能力节点与节点之间的关系我们要用数学方法来解决,可以选用数学公式法进行计算。但是,这种方法的计算量非常大,而且计算也比较困难,因此本研究将应用matlab(矩阵实

验室)编程的方法来解决。这种解决问题的方式很像我们经常用到的因子分析法,但是因子分析法解决节点的数量有限,且不能对相关节点的度进行解释。所以,采用 matlab 编程法是解决此类问题较好的一个方法。在进行节点选取之前,通过对多名专家和教练员的访谈以及问卷调查,在准备选取的节点中选取 39 个节点,通过调查问卷和实地测量得到每一位运动员的相关数据,应用 matlab 编写相关程序,算出每个节点之间的关系:

第 1 步:将 30 名短道速滑运动员的分析指标以 Excel 方式录入。

第 2 步:应用 matlab 编写程序,计算 39 个指标的相关系数。

```
A=xlsread('d:hb.xls');
m=length(A);
for i=1:m
for j=1:m
B=corrcoef(A(:, i), A(:, j));
C(i, j)=B(1, 2);
end
end
for j=1:m
for i=j+1:m
C(i, j)=0;
end
end
C
xlswrite('xs.xls', C)
```

第 3 步:求出相关系数后,要对系数进行相应的评价。目前,对系数进行解释的有赵书祥^[9]在《实用体育统计学》中提到的系数解释方法;相关系数的绝对值在 0.3 以下的为无直线相关,0.3 以上的存在直线相关,0.3~0.6 之间的为一般相关,0.6 以上的为显著相关。在本研究中,将相关系数 ≥ 0.3 就认为两节点之间存在边。

根据复杂网络理论,复杂网络是由节点以及与其相连接的边演化而成的网络拓扑结构;每加入一个节点,整个网络图的属性都将产生变化,即“牵一发而动全身”。根据上述的研究,将短道速滑运动员的竞技能力抽象成由 39 个节点和 147 条边构成的网络结构(见图 1)。

图 1 是优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构图。39 个节点分布在圆上,实线代表节点的边,而边

代表各个节点之间的关系。随机选取其中 1 个节点,就可以与这个节点有关系的其他节点建立联系。

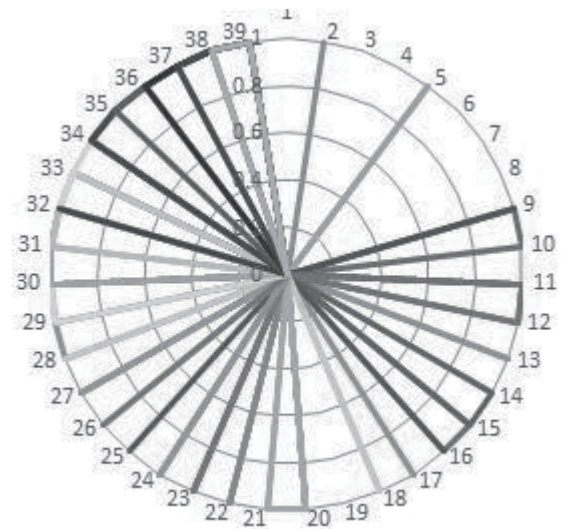


图 1 优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构

2 优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构特征

优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构由 39 个节点和 147 条边组成。其中,身体形态类节点共有 4 个,内部交互作用拥有 1 条边;体能类节点共有 23 个,内部交互作用拥有 43 条边;技战能类节点共有 6 个,内部交互作用拥有 9 条边;心理类指标节点共有 6 个,内部交互作用拥有 6 条边。根据计算,发现身体形态类内部之间平均拥有 0.25 条边,体能类内部之间平均拥有 1.87 条边,技战能类内部之间平均拥有 1.5 条边,心理类内部之间平均拥有 1 条边。由此可见,影响短距离速滑运动员的首要因素还是体能,其次为技战能,第 3 是心理能力。但是,评价一名运动员竞技能力的高低不能仅看一个方面,还应该考虑子能力之间的交互作用。经过计算发现:身体形态与体能指标连接有 12 条边;身体形态与技战能连接有 1 条边;身体形态与心理能力连接有 0 条边;体能与技战能连接有 39 条边;体能与心理能力连接有 11 条边;技战能与心理能力连接有 25 条边。由此分析,与体能联系最为密切的为技战能。在统计中发现,技战能与心理能力的联系非常密切,可能是战术的运用需要一定的心理作为支撑。由于在早期的研究中已经证明竞技能力网络结构符合无标度网络特征和小世界特征,故在此不再论证。所以在这里可以认为,身体形态类、体能类、技战能类、心理类竞技能力指标与内部之间的边构成竞技能力网络拓扑结构,这 4 个小范围的网络拓扑符合无标度网络特征和小世界特征。但是,它们

两两之间的相互联系则是通过不同类别的指标进行连接的。

2.1 优秀短道速滑运动员竞技能力结构的“度”

“度”是网络结构中对相互连接节点的重要描述。在建立的优秀短道速滑运动员竞技能力结构中,“度”是指运动员某种竞技能力节点与其他竞技能力节点相连接的数量。在优秀短道速滑运动员竞技能力结构所选取的39个节点中,有147条边,平均度为3.77;也就是说在建立的网络结构中,每一个节点有3.77条边,即每一个节点均与3.77个节点有关联。在边的归属方面,体能类节点拥有边数最多,其次为技战能类节点,说明短道速滑是体能主导类的项目,但是技战能也是非常重要的一个方面。在训练时,不仅仅要对运动员的体能进行训练,还要加强技术和战术能力的训练,只有这样才能使竞技能力达到一定水平。

2.2 优秀短道速滑运动员竞技能力结构的“度分布”

“度分布”是指网络结构中“度”的分布情况。在建立优秀短道速滑运动员的网络结构中,“度分布”是指竞技能力节点拥有边数量的分布情况。据统计,优秀短道速滑竞技能力网络结构中,大部分节点拥有的边数较少,而少部分节点拥有较多的边数。优秀短道速滑运动员竞技能力网络结构符合无标度网络结构特征,而无标度网络结构特征最重要的就是“中心节点”的选取。所谓竞技能力结构的“中心节点”,是指竞技能力节点中拥有边数最多的节点。“中心节点”是竞技能力最重要的节点,是竞技能力中应该重点关注的训练指标。据统计,在本研究所选取的节点中,拥有边数最多的节点是体能类节点中的30 m跑(15条边)和最大摄氧量(14条边)。出现这种现象的原因可以做如下解释:30 m跑代表短道速滑运动员的速度特征和速度反应特征,30 m跑完成的好坏将直接影响短道速滑运动员前单圈速滑成绩;而最大摄氧量则代表短道速滑运动员的运动能力,是运动员有氧耐力和无氧耐力的体现,因此最大摄氧量也是短道速滑运动员非常重要的一个指标。根据以上分析,可以找到影响短道速滑运动员最为重要的两个因素。因此,在以后的训练中要重视这两个方面的训练。

2.3 优秀短道速滑运动员竞技能力结构的“小世界”特征

“小世界”特征,是指建立的网络结构中任一节点都能通过几个节点与其他的节点相连接。有研究表明,竞技能力网络结构具有“小世界”特征^[2]。同理,为了证明建立优秀短道速滑运动员的竞技能力也具有“小世界”特征,做出以下演算:根据matlab程序的运算发现,在选取的39个节点中连接任意两个节点所

包含的最多边数为4,说明在建立的短道速滑竞技能力结构中,一个竞技能力指标最多通过3个竞技能力指标就能与其连接,反映出优秀短道速滑运动员的竞技能力具有明显的“小世界”特征,即通过对竞技能力某一个节点的训练,可以间接地引起其他节点的变化,这为以后的短道速滑训练实践提供了新方向。

2.4 优秀短道速滑运动员竞技能力结构的“平衡点”

优秀短道速滑运动员竞技能力结构的“平衡点”,指的是连接竞技能力子能力之间的关键节点,其计算方法是连接自己最大的边数减去与自己所在子能力之间的边数。据统计,发现竞技能力结构的“平衡点”为技战能节点中的弯道技术(8条边);弯道技术是短道速滑中的超越技术,弯道技术的好坏将直接影响运动员的成绩。在与弯道技术相连接的节点中,体能类节点是最多的,这也表明体能是短道速滑运动员技战能的基础。找到了“平衡点”,就可以在训练中对“平衡点”进行训练,如运动员体能中的哪几项会对技战能产生影响,哪一项是运动员技战能中最基础的。因此,在进行技战能训练时不仅要有针对性的训练,还要有针对技战能提高方面的体能训练。

3 竞技能力网络结构特征对我国短道速滑运动员训练的启示

在运动训练实践中,应该科学选择针对项目本身最为有利的指标或者指标组合进行训练,并发展他们之间的专项能力,这是提高短道速滑运动员竞技能力的核心任务。运动生理学中的生物适应理论告诉我们:人体在训练的时候会对刺激产生一种应答反应,当人体适应这种刺激以后,刺激增大并打破原有的平衡,进而就会发生相关的应激反应,并建立新的平衡^[6]。实践表明,高水平运动员的训练正是遵循了这一规律。我国训练界通常都以“三从一大”为训练方针,运动员的长期训练在很大程度上都是超负荷进行,并不重视运动员自身机体的恢复能力,对运动员某一方面的能力(中心节点)进行反复强化刺激,以期让运动员取得突破。但是,这种训练方式付出的代价也相当高昂;因运动员难以承受如此高强度负荷而造成不可避免的运动损伤比比皆是。因此,根据复杂网络理论建立起来的竞技能力网络结构认为:提高运动员的运动成绩其实没有必要去反复刺激运动员某一方面的能力(中心节点),当刺激强度达到一定的范围以后,停止对“中心节点”的刺激并转而刺激与“中心节点”联系较为紧密的其它节点,这种新建立的平衡机制可能会达到相同的训练效果,而且在一定程度上会减少运动损伤的出现。

目前,针对短道速滑运动员专项训练的研究很多,

其中很多是基于短道速滑运动员专项体能方面的研究。专项体能训练是运动训练学界讨论比较多的一个热点话题,关于专项体能训练的研究很多,有专项体能训练方法的研究、专项体能训练负荷安排的研究、专项体能训练周期的研究等^[17-19]。但是,不同阶段中专项体能训练所占的比例也是不同的,这里不再详细阐述。在前面的研究中发现,短道速滑运动员的体能是非常重要的一个子能力,因此,在以后的训练中必须以体能训练为重点,达到理论与实践相结合。

在竞技能力网络拓扑结构中,可以看出网络中包含“中心节点”。“中心节点”虽然是竞技能力最重要的指标,但是一定要防止将“中心节点”的功能无限放大。“中心节点”是网络结构得以保持稳定和平衡的一个重要因素,因此要避免“中心节点”受到伤害。在训练方面,应该科学进行安排,尽量避免“中心节点”受到反复刺激,以致“中心节点”不能够保持原有的状态,使竞技能力之间的关系断裂,进而导致运动员竞技能力的下降,这对于竞技能力的长期发展是非常不利的。教练员在平时的训练中必须清醒地认识到,最大的训练负荷并不一定能够带来最大的训练效果,所以一定要把握好训练的负荷强度。

从普适性角度来看,应用 Excel 数据库和 matlab 程序,可以建立我国优秀女子短道速滑运动员的竞技能力网络结构。从统计学特征来看,我国优秀女子短道速滑运动员竞技能力网络属于无标度网络,并且具有“小世界”现象,这也证实了竞技能力网络结构理论的前期假设。体能中的 30 m 跑和最大摄氧量是女子短道速滑优秀运动员竞技能力网络结构的“中心节点”,对女子短道速滑运动员竞技能力网络结构的演化升级起着关键作用。从运动员统计学特征的比较来看,技能中的弯道技术是运动员竞技能力网络结构的“平衡点”,维持竞技能力网络结构的相对稳定。但是,在选择性打击下极易受到攻击,因此要注意对“中心节点”和“平衡点”的保护,避免过度刺激以防止运动员的竞技能力出现退化。

参考文献:

- [1] 仇乃民. 竞技能力非线性系统理论与方法[D]. 北京: 北京体育大学, 2012.
- [2] 杜长亮. 竞技能力网络结构特征的实证演绎——以女子重剑项目为例[J]. 体育科学, 2013, 33(2): 47-60.
- [3] 田麦久. 运动训练学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2000: 79.
- [4] MAHDI J. Error and attack tolerance of small-worldness in complex networks[J]. Journal of Informetrics, 2011(6): 53.
- [5] WEI D, WEI B, HU Y. A new information dimension of complex networks[J]. Physics Letters A, 2014(1): 17.
- [6] TANG L, LU J, WU X. Impact of node dynamics parameters on topology identification of complex dynamical Networks[J]. Nonlinear Dynamics, 2013(7): 1081-1097.
- [7] CINARA G, CARLOS H C. Ribeiro. Rethinking failure and attack tolerance assessment in complex networks[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2011(6): 32-39.
- [8] 郭秀文, 田麦久. 难美项群女子运动员身体形态学分类及不同竞技能力发展模式研究——以体操、蹦床、跳水、艺术体操为例[J]. 中国体育科技, 2014, 50(1): 29-42.
- [9] 陈小平, 褚云芳, 纪晓楠. 竞技体能训练理论与实践热点及启示[J]. 体育科学, 2014, 34(2): 3-10.
- [10] 谭璐. 系统生物学与生物网络研究[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2005, 2(4): 1-8.
- [11] 汪小帆. 复杂网络理论及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006: 4-6.
- [12] 张鼎, 庄新田, 卢文娟, 等. 基于复杂网络理论的期货指数网络的研究[J]. 系统管理学报, 2014, 23(1): 70-76.
- [13] 刘大庆, 张莉清, 王三保, 等. 运动训练学的研究热点与展望[J]. 北京体育大学学报, 2013, 36(3): 1-8.
- [14] 田麦久, 刘大庆, 熊焰. 竞技能力结构理论的发展与“双子模型”的建立[J]. 体育科学, 2007, 27(7): 3-6.
- [15] 赵书祥. 实用体育统计学[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2005: 186.
- [16] 葛艺明, 吕晶红, 郭晓明, 等. 速度滑冰运动员高原训练效果的研究[J]. 沈阳体育学院学报, 2012, 31(3): 71-74.
- [17] 李鑫, 李刚, 潘立聪. 陆上基础体能训练方法对提高青年男子短距离自由泳成绩的研究[J]. 北京体育大学学报, 2011, 34(10): 120-122.
- [18] 杨明, 佟彤, 侯广庆, 等. 国家竞走青年队冬训训练负荷特点研究[J]. 成都体育学院学报, 2015, 41(1): 1-6.
- [19] 周文福, 崔鑫. 我国优秀女子撑竿跳高运动员专项身体训练周期负荷安排特点及板块特征[J]. 中国体育科技, 2015, 51(3): 23-29.