

·竞赛与训练·

非线性范式——运动训练科学研究的新范式

仇乃民^{1, 2}, 李少丹², 马思远²

(1.盐城工学院 体育部, 江苏 盐城 224003; 2.北京体育大学, 北京 100084)

摘 要: 20 世纪 80 年代中期以来, 随着国际竞技体育的迅猛发展, 建立在近代线性科学认识论、方法论基础上的运动训练科学研究范式, 在解决高度复杂的运动训练问题时, 日益显示出其自身难以逾越的局限性。而非线性科学则为我们理解真实、复杂运动训练问题提供了一个新的视角。非线性科学的理论和方法已受到了运动训练学界的广泛重视, 并开始运用于运动训练的一些领域, 非线性范式将是 21 世纪运动训练科学研究的新范式。

关 键 词: 运动训练学研究; 非线性范式; 体育研究方法

中图分类号: G808.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2011)06-0108-05

Nonlinear paradigm—a new paradigm for studying the science of sports training

QIU Nai-min^{1, 2}, LI Shao-dan², MA Si-yuan²

(1.Department of Physical Education, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, China;

2.Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

Abstract: Since the mid 1980s, with the rapid development of international competitive sports, sports training scientific research paradigm which was established based on modern epistemology of linear science ever increasingly showed limitations which it cannot overcome when it was used to solve highly complicated sports training problems, while nonlinear science provides a new perspective for us to understand real, complicated sports training problems. The theories and methods of non linear science have gradually caught the extensive attention of the academic community of sports training, and started being applied to some areas of sports training. Nonlinear paradigm will be a new paradigm for studying the science of sports training in the 21st century.

Key words: science of sports training; nonlinear paradigm; sport research method

长期以来, 建立在近代科学基础上传统运动训练理论与方法, 一直以线性的科学模型作为理论基础, 追求一种简单明了的因果关系, 并以此来说明运动训练的确定性规律并预测运动成绩的变化和发展。这种建立在近代线性科学理论与方法基础上的运动训练科学研究范式即是运动训练科学研究的线性范式。但是, 线性的理论与方法只是在简单系统中是有效的。作为动态、复杂的非线性人体系统, 这种线性范式只适用于一定范围内, 我们在很多情况下难以用这种确定性的方法来加以描述。随着当代国际竞技体育的迅猛发展、国际运动训练实践的不断深化、国际运动竞技的日趋激烈、竞技成绩向着人类运动“极限”不断逼近, 在运动训练实践中不断涌现出许多不确定性、偶然性、

难以预测的复杂问题, 因而当代线性运动训练科学范式, 在解决这些高度复杂的运动训练问题时, 日益显示出其不足。而非线性是产生一切复杂性的根源, 非线性决定复杂性。因此产生于 20 世纪 70 年代非线性科学则为我们理解真实、复杂运动训练问题提供了一个新的视角, 随着非线性系统理论研究的不断深入, 所揭示的各类复杂系统中蕴含的内在规律及所应用的研究方法与思路, 对于运动训练复杂问题的深入研究具有重要的指导作用及方法论意义。

1 现代运动训练科学研究的困惑

1.1 现代运动训练科学研究的线性范式

19 世纪 90 年代, 近代科学(线性科学)与运动训练

收稿日期: 2011-03-23

作者简介: 仇乃民(1971-), 男, 博士研究生, 研究方向: 运动训练理论与方法。

开始联姻,英、美、德等欧美国家根据训练实践要求,逐渐开始对训练理论进行探讨,出版了《运动员的基本训练》和《田径》,1922年,前苏联出版了B·B·戈利涅夫斯基^[1]的《训练的科学原理》这一运动训练奠基性著作。1930年,德国学者克鲁梅尔^[2]首次将组织学、生理学、医学、体质理论、训练理论、一般和专门的练习学等学科综合在一起,完成了《运动员手册》,标志着“专项训练学”的诞生。霍克和施密特^[3]于1937年出版了《田径训练法基础》,总结了对田径各项目具有普遍指导意义的一般训练规律和原则。总之,这一时期的科学开始关注并逐步介入运动训练。

第二次世界大战结束后,有关训练科学的研究逐渐从简单的实践经验总结和介绍,发展为对运动训练规律的揭示和应用。对训练学理论的系统研究始于20世纪50年代初的东德。1957年,东德的哈雷等^[4]出版了第一本训练学专著《一般训练和竞赛学导论》,它标志着从此训练学成为一门以运动训练规律和行为为研究对象的,具有完整和独立理论体系的体育专业学科。而在20世纪60年代,马特维也夫^[5]“训练周期理论”的创立,对训练学科学体系的建设起到了里程碑的作用。标志着体育科学各学科知识向运动训练学全面转化的初步实现,标志着现代运动训练科学范式的建立。1964年,哈雷及其同事^[6]完成《训练学》函授教程,于1969年正式出版了《训练学》,标志着运动训练学作为一门独立的学科得到承认。20世纪70年代中期至80年代初期以来,训练学进入体系建构的深化阶段,一大批学者,逐步完善了运动训练的科学体系,推动了竞技体育的飞速发展和运动训练理论在世界范围内的广泛传播。

近代运动训练科学范式的形成过程,正是20世纪“科学主义”的产物,是完全以近代科学范式为楷模与标杆的。20世纪中叶以来,运动训练科学范式的确立,对训练实践的影响、运动成绩的提高、国际竞技运动的迅猛发展起到了巨大的作用^[4-5]。竞技体育也取得前所未有的辉煌(以田径项目为例)。

1.2 线性范式对运动训练科学研究的影响及局限性

线性研究范式是现代运动训练科学研究的主要范式,线性范式对运动训练科学的影响,可以概括为以下3个方面:

一是认为运动训练系统是线性的、封闭的、确定的、可预测的。即认为人的运动行为和运动结果都是某种原因导致的,人的运动能力是可以根据条件、经历来预测和控制,即机体的一切竞技能力都是被决定的而非自由的,人所具有的竞技能力都是环境与经验的直接结果。机体的一切选择都决定于这一因果链^[6]。

因此在运动训练中过分强调竞技能力的均衡性、有序性与周期性,同时认为竞技能力的发展是渐进的,过程是平稳的。而竞技能力发展的间断、跳跃、突变、非均衡、无序和非周期性却往往被忽略。二是认为整体是局部之和,通过分析还原研究即可获得关于人体运动行为的整体性认识。即将复杂的人体的运动现象还原分解成生理、化学、力学过程,试图以生理的、生物的或机械运动形式来解释人的复杂的运动行为。竞技能力则是各个竞技子能力局部之和,提高运动员竞技能力就是提高运动员各个竞技能力的子能力,各个竞技子能力提高了,运动员竞技能力就提高了(如竞技能力“木桶模型”),即所谓竞技能力的构成论。三是强调运动行为的客观性和因果制约性,同时追求因果的透明性和相互作用的简单性,力求在每一种情形中都辨认出原因和结果来。如运动训练“刺激-反应”模式中强调运动负荷(刺激)与机体的能力之间呈线性关系,运动负荷越大,机体能力恢复越明显,即所谓的超量恢复原理,而忽略了机体的主动性与环境的复杂性。进而将运动训练过程性设计为线性的一维过程,预定的目标和步骤一经设定就再无大的变化,强调运动训练过程的周期性,运动强度与运动量的确定性和一般训练与专项训练有序性等。

线性科学的研究范式从某种程度上说是对事物的简化,但这种简化须在一定范围内,如果一味运用简单性、还原性和确定性的原则和具体方法,对以非线性为其本质特征进行简化处理,就会在线性化的过程中获得不全面、不正确的认识。而当面对真实、复杂的、动态的和非线性人的运动行为的时候,一味以确定性、简单性和还原性为特征的线性思想就会阻碍运动训练科学的发展。我们发现,过去行之有效的方法,现在失灵了,不再是“练哪儿,长哪儿;练什么,长什么”,预期得到“超量恢复”,却造成了过度疲劳;预料收获成绩,却换回了严重的伤病^[7];如期执行的训练计划,训练很投入,但成绩不理想。我们无法清楚解释人体是怎样控制运动中动作大量自由度的问题^[8],动作多样性、灵活性、适应性和创新性等问题。对运动中的“克拉克”现象、“Choking(窒息)”现象、“流畅或高峰体验”、“黑马”现象等等我们束手无策。我们也同样无法真正理解训练中“平台”现象、“竞技状态不稳定现象”、过度疲劳、运动成绩难以预测等问题……同时运动成绩的提高变得越来越难,提高的幅度也变得越来越小,破纪录的周期变得越来越长,运动成绩有时出现停滞甚至下降,到目前为止有许多运动项目的这种发展态势都没有改变,并且这种趋势越来越明显。

2 非线性范式是运动训练研究的新范式

在竞技运动训练的初级阶段,由于运动竞技能力之间矛盾不明显,用线性理论处理问题,只要改善或提高竞技能力的某个关键因素,就会使运动员竞技能力的水平有较大的提高,而当竞技运动水平较高的情况下,各种竞技能力之间矛盾趋于尖锐时,竞技能力水平的提高更多地依赖于各主要竞技能力间的协调共进,此时线性理论就显得乏力。线性理论在处理线性问题上完善的,即输入与输出的比例关系不变的情况。但是,这种情况多是自然现象中的一种特例,而多数情况下输入与输出之间不存在固定的比例关系。特别像人体这样的生物系统,属于典型的复杂系统,其行为受多方面因素制约,往往表现为非线性现象。

2.1 运动训练实践中的非线性现象

在运动训练系统中影响运动员的运动成绩提高因素有很多,而竞技能力因素则是决定运动成绩的最核心的要素,不难发现在竞技能力提高的过程中充满了非线性现象。首先运动员竞技能力系统的各竞技子能力之间绝不是简单的线性关系,它们之间相互作用、相互联系、相互影响。Frank W. Dick^[9]指出,运动训练的的目的是要发展运动员的耐力、力量、速度和柔韧等素质。在整个运动过程中,这些运动素质相互联系、相互依赖最终形成了不同的复杂的运动素质和能力^[9]。如柔韧性素质既受到速度力量的影响,也对专项力量、速度、耐力有影响。刘爱杰^[9]也认为,在人体活动和运动中都不是孤立存在和表现出某项基本运动素质,而是它们彼此独立又相互影响、相互促进又相互制约,表现出不同运动竞技能力的整合关系(如图 1)。

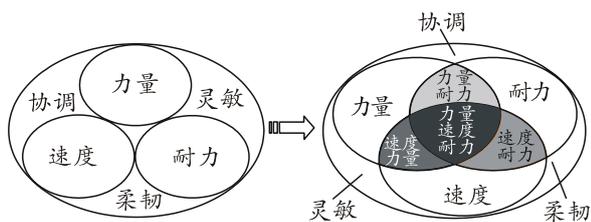


图 1 运动素质整合过程的附件结构

其次运动员的竞技能力形成并非是各子竞技能力的简单性相加。刘爱杰^[9]在对某场国际比赛中赛艇运动员竞技能力特征进行研究,发现 4 名中国男子赛艇公开级 4 人双桨(4x)运动员的速度、力量和耐力素质都分别好于德国女子公开级 4 人双桨(4x)运动员,但德国女子公开级 4 人双桨(4x)运动员的专项最大做功能力却几乎与这 4 名中国男子运动员相等,水上 2 000 m (4 x)比赛时间更是快于这些男队员。田麦久^[10]在其著作《论

运动训练计划》中关于不同竞技子能力的发展变化,揭示各种竞技子能力发展具有非同步性,从而也体现出竞技能力形成也并非各子竞技能力的简单性相加。

同时有研究发现竞技能力的演化呈非线性关系,德国学者马德尔和哈特曼^[10]对德国 2 000 多名赛艇运动员的运动成绩发展变化进行了 15 年的跟踪研究考察,其中 44 位研究对象成为奥运会、世锦赛和世界杯的世界冠军。研究发现,如果以 18 岁的能力水平作为基准的话,44 位世界冠军运动能力的提高速度随着年龄的增长而下降,在 22 岁左右能力达到最高水平,22 岁之后运动能力维持在 0.3%~0.5%呈波浪式发展。有研究也发现运动成绩与运动竞技能力呈动态、非线性现象^[11]。Letzeher 等和 Bauersfeld 等对不同水平男子铅球运动员卧推最大力量与专项成绩之间的相关关系进行研究。结果发现,成绩为 12~16 m 的运动员卧推成绩与专项成绩呈高度相关,呈线性关系。而成绩为 19 m 以上的世界优秀运动员卧推成绩与专项成绩之间仅为低度相关,而呈非线性关系^[12]。也就是说,世界级铅球运动员的卧推水平一般应该达到 200 kg 以上,但是在这个级别的运动员其卧推成绩并不是越高越好。从而说明不同竞技能力与运动成绩在提高的过程中是呈动态的,而不是总是线性关系。

延峰^[13]发现运动中供能的非线性现象,他研究发现在用各种姿势游泳时,从 70% 的速度增至 75% 的速度时,随着速度增加,能量消耗同样是多消耗 5%,两者之间呈线性关系;但如果进一步提高速度,游泳运动员此时所受到的阻力却是非线性增长,能量的消耗也会急剧增加。速度从 80% 增长到 85%,能量消耗增加到 9%;而速度从 90% 增至 95% 和从 95% 增长至 100% 时,相应能量消耗分别增加 12% 和 20%。同时运动心理学研究发现,动机水平与运动能力的关系也不是线性关系,而是呈倒 U 型,即运动员处于较低的唤醒水平时,运动能力较低;处于中等唤醒水平时,运动能力最高,而处于较高唤醒水平时,运动能力下降。同时也有研究认为认知焦虑较低时,运动能力与生理唤醒的关系类似一条柔和的倒 U 曲线;当认知焦虑较高时,运动能力与生理唤醒的关系变得复杂了,呈现出突然性的跳跃即突变现象^[14]。

2.2 运动训练研究的非线性系统观

1) 运动训练系统的非线性系统观。

运动训练是人们对自我身体结构和功能自觉进行定向的整体优化的变革活动,是按照选定运动项目的自有特性和竞技规则,以最高层次的激烈竞争为目标的(或以国际性运动竞技的夺取金牌、破纪录或创造优异成绩为目标),对自我生命机体结构和功能进行的系

统变革过程,可以说是一项人体功能变革的系统工程或人体运动系统工程,这是一个具有多子集的,各子集之间有着复杂相互关系的整体性演化过程^[5]。运动训练系统包括众多的子系统,如运动训练的目标子系统、科学训练子系统、运动员训练子系统和环境子系统。其中目标子系统包括比赛需求和专项化,环境子系统包括自然环境和社会环境,科学训练子系统包括教练员、资源和信息,运动员子系统包括运动员机体的结构和功能,而每个子系统又由多个要素组成。

运动训练系统是一个复杂非线性动态系统。运动训练过程就是这些子系统相互作用、相互影响,不断地与外界环境进行物质、能量和信息交换过程。而这些相互作用、相互影响,并不是简单的加和,而是非线性耦合。运动系统的整体效应就是不同系统行为之间通过非线性关系协同作用的结果。它具有多层次、多变量、多输出、多目标、多功能、多信道、多参数、多干扰的特点和属性。在运动训练复杂非线性过程中实现对运动员机体系统功能的整合和涌现,就是使运动员的整体结构和功能发生变化,使之成为一种特殊的人体功能态,即变成一种人体能量的特殊的输出功能状态。运动训练的目的,就是把运动员的整体功能转化为一个具有专项运动输出功能的相对稳定态或亚稳态。也就是说经过训练把运动员变成具有田径、游泳、足球、体操等项目在激烈比赛中所需要的特殊能力或功能状态的人,要使运动员的整体功能围绕专项突出功能而运作。因此,从运动训练非线性观来看,运动训练就是在运动训练各个子系统的非线性作用下和运动员机体整体功能的基础上突出运动项目的专项特征,而形成一种特殊的人体功能态的活动。

2) 运动训练的非线性方法论基本原理。

(1) 整体性原理。人体是个复杂的非线性系统,是个不可分割的整体。运动训练是以“人”为主要核心的活动,因而由人体构成的运动训练系统同样是个复杂的非线性系统,运动训练及训练的主体(人)也是一个整体。对于运动训练这个复杂的非线性系统而言,整体功能或是大于或是小于部分之和,而不会恰好等于部分之和,即每个组成部分不能代替整体,每个层次的局部不能说明整体,低层次的规律不能说明高层次的规律。因此不能将系统整体看作是其各子系统性质的简单相加,而应该将整体看作是各功能子系统之间相互作用突现的结果,系统整体的性质与各子系统的性质并不存在必然的因果关系。让整体发挥最大效能来处理局部,追求整体最优而非局部。

(2) 动态原理。动态性是人体本质属性,人体不断的与外界环境进行物质、能量和信息的交换。新陈代

谢是人体的基本特征。由于代谢,机体的组成要素每时每刻都在变化,从机体整个发展过程来看,经历从出生、生长发育、衰老和死亡的过程。运动训练系统包含了人员要素(教练员、运动员)、训练内容要素、训练方法要素和训练环境要素等。同样运动训练系统每时每刻也都在进行着物质、能量和信息的交换。这些变化必与时间相联系,并且这个时间是一维的且不可逆,没有时间的发展,就没有系统的演化,也就没有什么非线性关系。

(3) 时间与空间相统一原理。运动训练系统的非线性研究不但研究训练系统在时间轴上复杂的演化轨迹,它还应同时说明系统演化的空间模式。一般说来,运动训练系统中非线性关系所导致的有序-无序(混沌)-新的有序可以认为是一种时间演化轨迹,同时也可以用房相来描述当系统长期演化后的空间模式。

(4) 定性判断与定量描述相统一原理。定性与定量描述相结合是复杂性研究的基本方法。任何系统都有定性和定量特性两方面,定性特性决定定量特性,定量特性表现定性特性。对运动训练复杂的非线性系统研究同样需要从定性与定量两方面出发,只有定性的描述,对运动训练行为特性的把握难以深入准确。但定性描述是定量描述的基础,定性认识不正确,不论定量描述多么精确,都没有用,甚至会把认识引向歧途。定量描述是为定性描述服务的,借助定量描述能使定性描述深刻化、精确化。如对运动训练的理论基石的“超量恢复”的研究,我们更多是局限于对运动训练中的人体的定量研究,而却忽视人体的定性分析。

(5) 确定性与随机性相统一原理。由于非线性关系的存在,在一个决定论的系统中可以出现类似于随机的行为过程,它是系统“内在”随机性的一种表现,对内随机的行为过程的决定论系统而言,结构是确定的,短期行为可以比较精确地预测,而长期行为却变得不规则,初始条件的微小变化会导致系统的运行轨迹出现大的偏差。对于运动训练系统不但存在内随机性也存在外随机性,即运动训练系统不断的与外界进行着物质、能量和信息的交换,同时系统在演化的过程中不断的受到外界的干扰。因此,对于具体非线性训练系统来说,短期的运动训练效应可以预测,而长期运动成绩或运动竞技能力却难以把握。但同时,运动训练系统中的随机性又包含着确定性,又有一定的规律可循。通过适当方法我们可以认识和有效的把握。

3 展望

自20世纪70年代以来,非线性科学作为一种全新的研究范式日益引起不同学科的关注,并得到迅猛

发展。非线性范式认为非线性关系不具有简单的比例关系,叠加原理也不成立,整体也不是局部之和,表现在坐标系里的图像并不是一条直线,而是曲线,系统内的各组分之间交叉往复、互为因果。它与传统线性科学的研究视角截然不同,更为接近现实复杂系统的实际状况。非线性问题已经在物理、化学、生物学、社会学乃至心理学领域受到了广泛的重视,并成为当今世界科学的前沿和热点。美国著名未来学家,《第三次浪潮》的作者阿尔文·托夫勒将非线性科学的产生看作是改变科学本身的一个杠杆,是当今科学的历史性转折的一个标志,“它迫使我们重新考察科学的目标、方法、认识论、世界观”^[16]

建立在近代科学主义基础上的运动训练科学线性范式,一方面,在运动实践中取得辉煌的成就,另一方面随着国际竞技体育的迅猛,面对复杂的动态的非线性训练系统时,又不断的涌现出难以解释的新的现象、新的问题,日益显示出其难以逾越的局限性。而非线性科学则为我们理解复杂的非线性运动训练问题提供了一个新的视角。的确,当我们用非线性的概念和方法来考察运动动作与控制、运动姿态、运动生理和运动训练方法等^[17-20]的时候,展现在我们面前的是一片广阔而崭新的天空。运动训练的非线性研究在国外已有10余年的发展历史,在20世纪90年代得到了迅速的发展。而我国学者起步较晚,近几年才开始有所关注。我们已经意识到随着非线性科学的发展,其研究领域已日益延伸到科学各个领域,将非线性科学的研究方法引入到运动训练学科之中,会使我们对运动训练中复杂运动行为现象的认识具有质的飞跃,并将为人们实现运动训练科学范式的转化、训练观念的更新以及运动训练理论的创新,提供了强大的科学武器。因此,非线性范式将是21世纪运动训练科学研究的新范式。

参考文献:

- [1] 马特维也夫. 竞技运动理论[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 1997: 230-231.
- [2] 林玉亮. 运动训练学理论体系的进展研究[J]. 吉林体育学院学报, 2007, 23(3): 36-37.
- [3] 陈小平. 当代运动训练热点问题研究[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2005: 4.
- [4] 诸葛伟民. 试论运动训练科学范式[J]. 体育科学, 2009, 29(7): 71-78.
- [5] 胡亦海. 现代运动训练基本方法主要特点的多元性比较[J]. 武汉体育学院学报, 1996, 33(6): 11.
- [6] 张厚粲. 行为主义心理学[M]. 台北: 台湾东华书局, 1997: 53.
- [7] 卢元镇. 训练科学、科学训练与训练科学化[J]. 体育科研, 1996(2): 1-7.
- [8] Bernstein N A. The coordination and regulation of movements[M]. New York: Pergamon Press, 1967.
- [9] 刘爱杰. 耐力性竞速项群专项运动素质的整合[D]. 北京: 北京体育大学, 2001.
- [10] 田麦久. 论运动训练计划[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 1999(1): 150.
- [11] 陈小平. 运动训练的基石——“超量恢复”学说受到质疑[J]. 首都体育学院学报, 2004, 16(4): 3-7.
- [12] 陈小平. 竞技运动训练实践发展的理论思考[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2008: 53.
- [13] 延峰. 中国运动理论与实践研究[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996: 62.
- [14] 张力为, 毛志雄. 运动心理学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2003: 71-75.
- [15] 韩丹. 论运动训练系统的结构与功能之优化[J]. 体育科学, 1992, 12(1): 7-9.
- [16] A.托夫勒. 科学和变化[G]//I.普里戈金. 从混沌到有序. 上海: 上海译文出版社, 1987.
- [17] Kugler P N, Kelso J A S, Turvey M T. On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I theoretical lines of convergence[G]//Stelmach E. Requin J. Tutorials in Motor Behavior Amsterdam, 1980.
- [18] Bardy B G, Oullier R O, Bootsma J, et al. Dynamics of human postural transitions[J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2002, 28(3): 499-514.
- [19] Amazeen E L, Beek P J. Coupling of breathing and movement during manual wheelchair propulsion[J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2001, 27(5): 1243-1259.
- [20] Schöllhorn W I. Applications of systems dynamic principles in technique and strength training[J]. Acta Academiae Olympique Estonia, 2000(8): 67-85.