

文章编号:1001-747 (2000)02-0092-05

运动技术分析研究发展历程考察和展望*

严波涛, 吴延禧

(国家体育总局 科研所, 北京 100061)

摘要:以生物力学学科为背景,对运动技术分析发展历程作了简单分期。通过与训练过程类比,提出了以下观点:1)运动技术分析是研究者部分承担了教练员的工作;2)运动技术分析的发展过程是逐渐逼近人类认识的过程;3)观察—分析—综合(决策)是技术分析的三个主要环节。相对而言,综合(决策)环境较薄弱;4)实现综合(决策)的科学化实际上就是对人类大脑功能的模拟。本研究认为采用神经网络技术构筑运动技术分析的专家决策系统是解决这一问题的较好途径。

关键词:运动生物力学;运动技术分析;神经网络;决策

中图分类号:C804.6

文献标识码:A

Review of the Past and Looking Ahead the Future of the Development in Sports Technique Analysis.

YAN Bo-tao, WU Yan-xi

Abstract: Basing on biomechanics and comparing with training process, We divide the development experience of sports technical analysis into a few stages and point out some views as the following: sports technical analysis which was taken on by researcher is a part job of coach; the development process of sports technical analysis is gradually nearing human's thought-process; observation analysis and making decision are major joints of technical analysis; in fact, scientific making-decision is to simulate human's brain function. We conclude that the better way to solve this problem is to use expert-decision system established by using nervous network.

Key words: biomechanics; sports technical analysis; nervous network; decision

任何一门学科的存在都有其深刻背景。运动生物力学亦不例外。从大的方面讲,运动生物力学属生物力学的一个分支,它的研究可以为宇航、人机工程学、运动疾病诊断、矫形学等提供理论依据;从狭义角度来看,运动生物力学以体育活动中的人为研究对象,它可以直接解决技术训练、运动损伤等体育实践问题。直接为提高运动成绩服务。从历史的角度来看,运动生物力学学科的发展更多的得益于体育运动的发展(B. M. Nigg; 1994)。

按照大多数学得的观点,运动生物力学的具体任务是研究下列基本问题:1)运动员身体结构、特征和运动机能;2)最佳运动技术;3)技

术改进措施。这三个方面是互相联系着的,即对运动员身体结构和运动机能的考察是作为提出人体运动最佳技术的基础,有了最佳技术模式之后才能提出技术改进措施。可以看出运动技术分析是运动生物力学学科的主流。

运动技术分析是运动技术研究的习惯称谓。尽管已有大量的研究成果、专著公诸于世,但至今还没有一个学者给它下一个确切定义。从历史的角度考察,这一术语确定的是一个过程,既通过对现有动作技术的观察、分析、评定,指出其不足,提出改进意见。如早期从事这方面研究的尼格(Nigg, 1977)、海(Hay, 1976)和安德雷斯(Andrews, 1974)等人都严格遵循这一工

* 收稿日期:1999-12-10

作者简介:严波涛(1961-),男,陕西户县人,国家体育总局科研所副教授,博士。主要从事运动技术诊断与分析的研究。

作程度。类比一下教练员对运动员所做的训练工作, 研究者就不难发现运动技术分析是从研究者

的角度承担了教练员在训练中的主要工作。

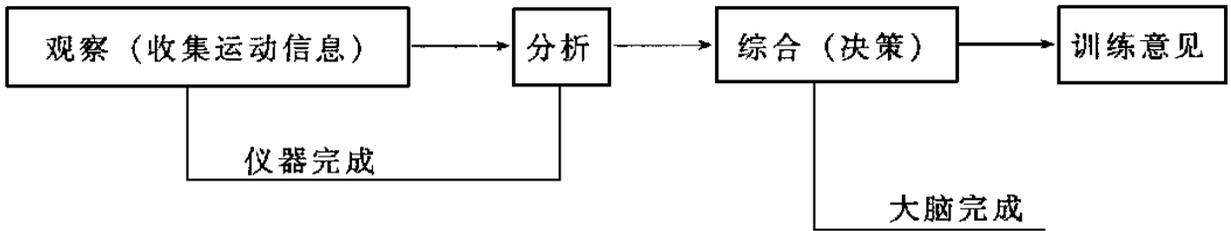


图 1 运动技术分析过程
训练周期

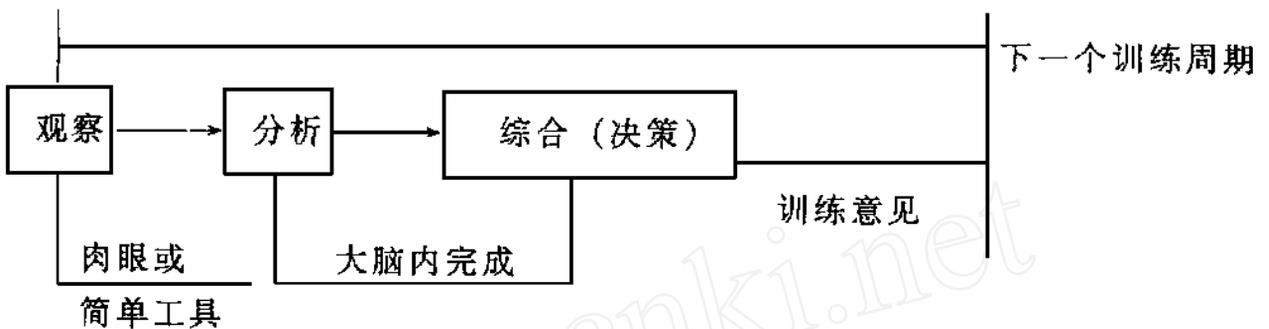


图 2 教练员完成训练过程

教练工作几乎与现代竞技体育同时存在并同地发展着。教练工作的对象是人, 而活动的主体也是人, 即就是在科学技术水平相当高的今天, 似乎也没有任务工具或机器能完全替代它。运动生物力学的技术分析研究只是对其主要工作的一种近似和辅助。笔者试图通过对运动技术分析发展历程考察说明这是一个逐渐逼近人的认识的过程, 是对人类大脑的分析、综合、思维等认识事物功能的近似。并由引对其发展前景作出展望。

1 运动技术分析发展的初期: 观察仪器和工具的研制

早在科学革命时期, 鲍列里 (Giovanni Borelli) 以《动物运动》一书开创了生物力学学科, 因而被后人尊称为‘生物力学之父’。尽管他在该书中采用力学方法讨论了人和动物的各类运动如步行、跑、跳、飞、游等, 几乎涉及到了现代生物力学所有研究领域。但由于实验手段的贫乏和相应基础学科的不完善, 所有分析都是原理性的, 因而很少涉及运动的细节。在鲍列里之后直到 19 世纪叶, 生物力学研究基本上沿袭

这一模式。如在 1836 年, 韦伯兄弟 (Eduard and Wilhelm Weber) 出版了《人类步行工具的力学》一书, 其中就包括了 150 个假设。这些假设在今天看来有些是正确的、而大多数是错误的。但正如卡瓦那 (Cavanagh, 1990) 所指出的那样, 他们的功绩不在于研究的正确性有多大, 而在于建立了步态研究的开端。

在运动生物力学史上的一件具有特别重要的事件是 1887 年美国入麦布里奇 (Muybridge) 采用 24 台照相机和自行设计的连续电子控制开关拍下了奔跑中的动物和人的连续动作图片。这些资料发表之后完全改变了以前许多艺术家的作品在人们头脑中所造成的影响, 跑动中的人原来是这样! 也轻而易举的给韦伯兄弟的大多数假设作了结论。这一事实说明人类大脑仅凭肉眼观察得到的感性认知材料有时并不可靠。也许是受这一重大事件的影响, 没过多久, 电影摄影出现了, 人们可以方便的使用这一工具观察一个快速运动过程的任一细节, 将一个快变过程按时间的数倍甚至几十倍放大后保留下来 (Bernstein, 1967), 使研究者有充裕的时间进行分析。

以蒸汽机所带来的工业革命为基础, 整个 19 世纪的生物力学发展主要是以运动测量工具

的进步为特征 (B. M. Nigg; 1994)。为了获取人体在运动中的受力情况, 德国解剖学家费舍 (Fisher, 1889) 完成了人体环节质量的测定, 法国人阿玛尔 (Amar, 1916) 研制了第一台可以测定垂直和水平方向的两维测力台。从而部分解决了人体在运动中所受外力和内力的测定问题。莱芒德 (Du Bois Reymond) 在加伐尼 (Galvani) 等人的实验基础上于 1841 年确立了肌电测量方法, 这种方法是在活体上研究肌肉收缩特性, 运动配合的唯一手段。直至今日摄影测量已发展到三维高速录像 (如美国的 Peak5 系统), 测力系统已发展到 6 分量测力台 (如瑞士 Kistler 系统) 和关节肌力矩的直接测量 (Cybex 系统) 等, 同时形成了运动学, 动力学和肌电测量三大系统。

运动技术分析正是借助于这些先进的测量工具和仪器完成观察和收集运动信息资料的。这些仪器和工具一部分是人类感官的直接延伸 (如摄影), 另一部分则是扩大了人类的感官和知觉范围 (如测力)。所获得的信息远远超过了人的自身能力, 因而也远远强于人的观察能力。这正是观察仪器和工具已普通应用于生物力学研究和训练工作中的最重要原因。

2 运动技术分析发展中期: 分析方法和仪器的发展

分析的目的是要从运动信息中提炼出最有价值的并能揭示运动本质的资料。严格地讲, 分析和观察是不能完全分割出来。分析的目的为观察提出了目标和任务。例如采用摄影方法的研究大都是以运动学参数分析为主, 采用测力方法的研究大都以动力学参数分析为主。在训练中作中, 分析是在教练员自己头脑中完成的。原始的运动信息经大脑去粗取精加工后, 保留下自认为是最重要的信息。但在大量运动信息为教练员接受之后, 由于个人的知识和感知能力所限, ‘取出’的信息不一定是最重要的, 而 ‘去掉’的信息不一定是可以忽略的。也就是说, 个人分析无法摆脱主观性和片面性。在运动生物力学学科的发展历程中, 为了达到分析的客观性和可靠性, 研制分析仪器和探讨分析方法是其一个主要的方面。笔者认为: 这也是运动技术研究之所以被称之为运动技术分析的一个重要原因。

分析方法的发展可以从本世纪初算起, 它几乎与生物力学理论的建立同步进行着。理解这一点并不难, 因为任何一种分析方法都是以一种理论 (或者说是信念) 为基础的。伯恩斯坦 (Nicholas Bernstein) 反对将运动过程或运动结构割裂讨论, 他指出: 运作并非由细节编成的链环, 而是完整的结构。他的许多研究都是建立在系统观念之上, 对结构中各元素之间的联系 (如相互作用的外周环路和中枢环路) 进行考察, 创立了人体动作的系统结构分析方法。他的研究成为运动控制和过动协调研究的理论基础; 1920 年, 阿玛尔出版了《人体运动》一书, 其主要研究内容是从人与环境间的关系上探讨运动效率。艾夫特曼 (Elftuman) 发展了这一思想, 建立了人体能量学研究方法; 大多数研究者都坚信人体运动是某种最优原则的体现, 由此衍生出肌力优化方法和能量优化方法等。至今许多方法还为人们所运用。

大多数测量系统都包括了分析软件 (因之被称为系统), 这是测量工具及时吸收了分析方法研究成果不断改进的结果。它可以为研究者提供一些非常有用的运动参数。如影片分析系统直接可以输出人体任一关节点 (或角度) 的位移, 速度、加速度等, 甚至还能给出运动中人体质心的运动轨迹、变化以及人体在各个重要时刻环节的位置关系。过去一些需要借助于力学原理或数理方法才能获得的运动参数现已可以直接从系统输出菜单上选择打印 (如功、能、冲量、平滑结果以及肌电量的积分值等)。可以说, 分析仪器的出现大大减轻了人脑的工作负担。

现实中的运动新问题既是运动生物力学研究的新课题, 也是分析方法诞生的土壤。最具有代表性的是近几年来发展起来的三维影像分析方法, 就是针对体育运动中一大类带有空间旋转动作的特殊运动作形态建立的分析方法。在这类运动中, 单纯从传统的平面摄影测量中给出的分析指标是不足以描述该运动的重要特征的。另外依据一些数学原理、物理定律或业已为实验证明了运动生物力学原理都可以建立特殊问题的分析方法。如统计学方法和数学模型方法, 建立在多刚体力学理论框架下的人体腾空运动状态描述方法和对复杂运动过程采用的层次因素分析方法 (Hay, et al, 1988, 1995) 都是典型的分析方法。

分析仪器和分析方法将最初由人脑完成的分

析过程(定性的、模糊的、基础并不牢靠的)变成了一种定量的、可比较的、理论基础可靠的过程。将各个人脑的独立信息加工过程变成了规范化过程或仅需做一些简单选择就能完成的工作。获得的分析结果对运动描述更准确、更细致、更客观。

3 运动技术分析发展的现阶段: 综合决策方法探讨

如果说教练工作仅仅是由观察和分析两部分组成的,那么可以大胆地说用人当教练员不如用机器作这项工作会完成的更好。其实不然,教练工作的最终目的是要提出下一步练决策,这是一个对分析资料的综合过程,至今还没有任何机器(包括计算机)能够像人一样或做得更好。

在一些典型的技术分析研究文献中,研究者可能使用了最新发明的高精度观察和分析仪器,但最终也是由研究者个人依据自己现有的专业知识、自己对分析资料和专项技术的理解经大脑推理判断后提出技术诊断意见和训练指导。一些研究成果发表之后常常会引起一翻争论(这种争论除了自然科学意义上的事实争论之外,大部分类似于哲学思辨争论),这说明不同研究者对同样一些分析资料和运动现象有不同的理解,从而得出不同的结论。这也是当前人体科学研究中的一个显著特征。

许多研究者也借助了一些现代科学研究方法(如统计、比较、模拟、优化、系统科学等)对分析资料进行归纳整理,试图从中得出较为客观的和有说服力的结论。但常常忽视了这样一个事实:即人体运动是一个高度非线性的、模糊的和变异性极大的复杂系统。一种方法往往只能适应其某一方面特性,而对其它特性几乎是全然没有考虑,因而其结果看似精确(量化)但并不可靠。一些研究者似乎看到了过分量化的缺陷,提出训练反馈意见的系统化和定性观点(M·N·McPherson; 1996)。

计算机的出现为综合决策提供了较好的工具,是近十多年中,许多运动技术分析专家致力于开发决策专家系统,但至今只有为数甚少的成功个例。如用于病理步态诊断的专家系统有Stanford Gait Progm (Tracy, et al, 1979); Gaitspert (Dziedzanski, et al, 1985); Dr.

Gait - 1; Dr. Gait - 2 (Hirsch, et al, 1989); Quawds (Weintraub, et al, 1990)等。真正用于运动技术分析的专家系统由海等人(1993)在一篇有关跳远助跑研究文章中作过报道。据研制者介绍,只要将录像解析参数输入,系统就会输出一份规则分析报告,其中包括适合该运动员个人的计算数值。这种系统是人类专家依据自己知识(过去研究总结)创造的,可看作是一个简单专家系统,但并不具有推理、学习和必要的‘智能’解释功能(Lapham & Bartlett, 1995)。因而它仅是一种非常有用的功能性工具。

从简单类比可知,要完成诊断决策工作,系统必须具有人类大脑类似功能。即必须具有归纳推理、学习和抽象事物本质或特征的功能。受心理学和生理学研究成果启示,从1982年起。一种模拟人脑工作的信息处理技术——神经网络(神经计算)研究受到全球范围的科学家重视。这种网络的最基本工作单元也被模拟的称之为神经元,它是一种带阈值的非线性运算单元,大量的神经元排列成层,层与层之间的连接在网络学习或训练时具有记忆功能,其连接权重训练样本的整体属性调节(有指导学习)。因而它具有学习、较强适应环境能力、容错性以及处理模糊的、概率的、含噪的和不相容信息能力。能够通过样本模式学习获得决策规则。因而在许多方面获得了广泛应用。神经网络的以上特性与教练员指导运动员训练过程有着极大的相似性。由此可以预见,使用神经网络技术建立运动技术分析的决策系统有着广阔的前景(Lapham & Bartlett, 1995)。就笔者的看法:采用人工神经网络构筑运动技术分析的专家决策系统至少在以下五个方面具有优势:

人体运动具有鲜明的整体性特征(任一活动都与全身各部分有关,是不可分割的)。神经网络方法正是立足于整体,不轻易忽视某一部分的影响作用。根据运动系统的真实表现分配权重。

人体运动中大量存在的是非线性关系,神经网络方法承认这一点,使用多重 Sigmoid 函数叠加拟合。

人体运动中的因果关系复杂且不明确,神经网络方法对这些关系并不作任何先验性假设,能够通过样本训练建立这种关系。

人体测量中的误差来源广,有些是不可预先估计的。神经网络在大样本训练中具有极强的抗干扰能力,求得的规律较可靠(Abbas, 1995)。

一定目的下的人体运动大多是冗余自由度的,神经网络方法具有优化功能,正适合这类问题的研究。

4 小 结

纵观运动技术分析的发展历程,可以看到:它是一个逐渐逼近人的认识的过程。按照从简单到复杂,由外到内的原则依次对人的感知能力、分析能力和综合决策能力进行更新。取仪器的长处,摈弃人的短处。经过近一个世纪的发展,可以说运动技术分析的最大进步是在前两个环节上。尤其是信息获取已远远超过了人的感知能力。分析方法的进步主要得益于其它自然科学的超前发展,相比而言,综合决策环节仍然停留在以人脑工作为主。由此可以预料:对人脑功能的模拟将成为今后运动技术分析研究发展方向。而神经网络技术恰恰为研究者提供了这一工具。

神经网络尽管只是人脑的一种数学模型,但它在以下几个方面却克服了人脑的不足:

(1) 个人的知识和经验是有限的,而神经网络的知识获取可以是无限的;

(2) 个人的学习过程是独立的、不可加的;而神经网络的学习可以是多人的知识总和;

(3) 神经网络的知识更新和知识处理速度远快于人,这一点在当前人类信息的获取能力远远超过人的信息处理能力条件下尤为重要。采用神经网络技术能较好的解决知识获取‘瓶颈’问题;

(4) 人类大脑中知识的多样性和处问题的普适性在任何系统所无法比拟的,但人工专家系统的专一性却正是人脑的缺陷。人所共识的 IBM 公司开发的‘深蓝’系统战胜世界象棋冠军就是典型例子。

尽管神经网络技术已在其它领域获得了广泛应用,但从当前运动技术分析的发展现状来看,采用神经网络技术构筑运动技术分析的专家决策系统尚需作以下几个方面的基础工作:

对现有的专项研究成果进行归纳整理,形成系统可用的知识库;

对大量的现存测试资料和数据整理,形成系统可用的数据库;

提倡标准化测试和资料分析的规范性,提高数据的通用性;

当越来越多的人认识到个人决策的弊端和综合决策的必要性时,必将迎来一个运动技术分析决策系统研究高潮。其结果必然是:在运动员训练中,教练员从‘前台’退到了‘后台’。

参考文献:

- [1] N. Bernstein. The co-ordination regulation of movements [M]. Pergamon press, 1967.
- [2] B. M. Nigg and W. Herzog. Biomechanics of the musculo-skeletal system [M]. John wiley & sons Ltd. 1994
- [3] E. A smussen. Movement of man and study of man in motion a scanning review of the development of biomechanics. Biomechanics V - A. P. V. Komi. 1976.
- [4] A. C. Lapham and R. M. Bartlett. The use of artificial intelligence in the analysis of sports performance: A review of applications in human gait analysis and future directions for sports biomechanics [J] J. sports sciences, 1995, 13: 229-238
- [5] Noira N McPherson. Qualitative and quantitative analysis in sports [J]. The american journal of sports medicine, 1996, 24, 6: S85-88
- [6] 顿斯柯依, 扎齐奥尔斯基, 吴忠贵, 译. 生物力学 [M]. 北京: 人民体育出版社, 1982
- [7] 徐秉铮. 神经网络理论与应用 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1994. (编辑: 许治平)

(上接第 91 页)

- [35] 常进勇. 气功“外气”对挫伤性大白鼠骨骼肌影响的光镜和电镜观察 [C]. 上海体育学院 89 届硕士学位论文. 1989. 5
- [36] 夏剑英. 大白鼠肌肉拉伤后运动和固定对肌肉的一些力学性质的影响 [C]. 上海体育学院 87 届硕士学位论文. 1987. 5
- [37] Obremsky WT, Seaber AV, Ribbeck BM, et al:

Biomechanical and histology assessment of a controlled muscle strain injury treated with piroxicam [J]. Am J Sports Med 1994, 22: 558-561.

- [38] Thorsson O, Rantanen J, Hurme T, et al: Effects of nonsteroidal antiinflammatory medication on satellite cell proliferation during muscle regeneration [J]. Am J Sports 1998, 26: 176.

(编辑: 许治平)