

•竞赛与训练•

运动表现分析的发展及展望

刘鸿优¹, 崔一雄², 张绍良², Miguel-Angel GOMEZ²

(1.华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510006; 2 马德里理工大学 身体锻炼与体育科学学院, 西班牙 马德里 28040)

摘 要: 采用文献计量学的方法, 对运动表现分析的历史、主要教材和主要期刊论文刊载情况进行简要的概述。结果显示运动表现分析于 20 世纪 70—80 年代开始在运动科学领域站稳脚跟, 90 年代后期至今则进入了高速平稳发展期。作为一个学科门类, 运动表现分析拥有较为完善的学科体系和人才培养机制, 同时拥有权威的教材和广泛的教师与学生群体基础。作为一个科研领域, 运动表现分析拥有庞大的、逐步增长的论文、研究者数量和被引用次数, 但该领域内活跃的作者、期刊、研究机构、国家(或地区)绝大多数都集中于欧美和大洋洲等经济发达地区。同时运动表现分析领域的研究范围覆盖了绝大多数奥运会比赛项目。

关 键 词: 竞赛与训练; 运动表现分析; 综述

中图分类号: G808 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2016)02-0112-06

Development and outlook of sports performance analysis

LIU Hong-you¹, CUI Yi-xiong², ZHANG Shao-liang², Miguel-Angel GOMEZ²

(1.School of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China;

2.Faculty of Physical Activity and Sport Sciences, Technical University of Madrid, Madrid 28040, Spain)

Abstract: By using methods in bibliometrics, the authors gave a concise overview of the history, main textbooks, and theses published by major journals, with respect to sports performance analysis. The results showed that sports performance analysis started to gain a firm foothold in sports science area between the 1970s and the 1980s, and entered into a high speed steady development period from the late 1990s up to this day. As a disciplinary category, sports performance analysis has a more perfected disciplinary system and talent cultivation mechanism, as well as authoritative textbooks and an extensive teacher and student group foundation. As a scientific research area, sports performance analysis has a humongous, gradually increasing number of theses, researchers and citations, but the authors, journals, research institutes, countries (or regions) active in this area are mostly in economy developed regions such as Europe, America and Oceania. Meanwhile, the research scope of sports performance analysis covers most of Olympic events.

Key words: competition and training; sports performance analysis; overview

“运动表现分析”在英文中叫“sports performance analysis”或者“notational analysis of sports”,既可以指一种体育实践运用,又可以指运动科学领域内的一个分支学科或者学术研究领域,后者来源于前者的需求,而前者则需要后者的支持与指引^[1]。本研究只对作为分支学科/学术研究领域的“运动表现分析”进行探讨。

McGarry 等^[2]认为,作为学术研究领域的“运动表现分析”具有跨学科性质,目前尚无绝对清晰的定义。

O'Donoghue^[3]提出较为公认的定义:“运动表现分析是对运动员和(或)运动队在实际体育比赛和训练中以及对普通人群在身体锻炼中的表现的直接探析,而非从实验室测量、问卷、访谈等自我评价的角度来探析。”对运动表现分析的研究则包括比赛技战术分析、体能指标(跑动距离、跑动速度、心率等)分析、比赛心理和行为分析等,而且延伸到实验室测量、问卷、访谈、自我评价等方面^[1, 3]。运动表现分析最主要、最直接、

收稿日期: 2015-11-17

基金项目: 教育部国家留学基金(留金发[2012]3013/留金发[2014]3026/留金发[2015]3022)。

作者简介: 刘鸿优(1986-),男,副教授,博士,研究方向:运动表现分析、体育统计学、体育经济学。E-mail: szu.youyou@hotmail.com

最本质的目的是为了给试图提升比赛、训练和锻炼表现的人群(运动员、教练员、身体锻炼者等)提供客观的反馈意见,让他们对自己的表现有更直观的认识和理解,为他们提升自己的表现提供帮助^[1-3]。随着运动比赛表现分析的不断发 展,其运用越来越广泛。例如,运动员和(或)教练组可以运用这些分析来探测比赛对手信息;体育俱乐部的管理人员可以利用这些分析对本俱乐部运动员的竞技表现进行评价,并可运用于转会、选材参考;科研人员可以对这些分析进行总结与归纳,形成理论(学科)体系,对其进行改进与完善;电视、网络、报纸等大众媒体则可以将这些分析的结果运用于比赛报道之中^[1-3]。

近年来,全新的科学技术给运动表现数据的收集、处理与分析带来了越来越高的精确性和即时性^[2],而体育的专业化、职业化和产业化发展,则对运动表现分析提出了更高的要求,两相作用促成了运动表现分析相关学术研究的高速发展。在欧洲和北美,从 20 世纪 90 年代起,越来越多的大学和研究所相继开设“运动表现分析”专业,使之逐渐成为了运动科学领域内一个非常受欢迎的本科、硕士专业和博士研究方向^[2]。专门的运动表现分析实验室也应运而生,如加拿大英属哥伦比亚大学的运动分析中心;德国科隆体育大学的德国高水平运动研究中心,葡萄牙山后和上杜罗大学的 CreativeLab 运动表现分析实验室等都在全球享有盛誉。

运动表现分析作为体育实践运用及运动科学分支学科和学术研究领域,在国外已经得到了长足的发展,但国内却尚未形成相对应的学科体系。因此,本研究从运动表现分析的历史、该领域的主要教材和主要期刊论文刊载情况 3 方面对其进行一个简要的概述,并对该领域的发展前景进行预测。

1 运动表现分析的历史沿革

运动表现分析最初的名字为“运动计数分析(notational analysis of sports)”,是指对体育比赛中的关键事件、行为和技战术变量进行记录,其历史来源可以追溯到

20 世纪 20 年代由 Rudolf Laban 创立的舞蹈分析中的计数系统^[4-5]。运动计数分析被认为是运动表现分析的前身^[2]。

由于两次世界大战带来的社会动荡和导致经济发展滞阻,20 世纪 60 年代前运动计数分析的发展相当缓慢。但随着电子信息技术和体育运动的蓬勃发展,到 20 世纪 70~80 年代,在 Mike Hughes、Thomas Reilly 和 Ian Franks 等一批研究者先驱的努力下,运动计数分析得以在运动科学领域站稳脚跟^[2]。进入 20 世纪 90 年代,运动计数分析进入了高速发展期。1991 年,第 1 届“世界运动计数分析大会(World Congress of Notational Analysis of Sport)”在英国举行。同年,“国际运动计数分析协会(International Society of Notational Analysis of Sport)”成立。两年一届的“世界运动计数分析大会”对这个学科的推广与发展起了极其重要的作用,越来越多的欧洲和北美高校和研究所在这一期间开始设置相关专业^[2]。正是在最初的几届大会中,运动计数分析专家和运动生物力学专家决定将“运动计数分析”更名为“运动表现分析(sport performance analysis)”^[2]。“世界运动计数分析大会”和“国际运动计数分析协会”也相继更名为现在的“世界运动表现分析协会(World Congress of Performance Analysis of Sport, WCPAS)”和“国际运动表现分析协会(International Society of Performance Analysis of Sport, ISPAS)”。

2001 年,“国际运动表现分析协会”创建了期刊《International Journal of Performance Analysis in Sport》(《国际运动表现分析杂志》),该刊于 2013 年被 SCI 收录。运动科学门类中颇具影响力的两个 SCI 期刊——《Journal of Sports Sciences》(体育科学杂志)和《European Journal of Sport Science》(欧洲体育科学杂志),也都开辟有“运动表现分析”专栏^[2]。运动比赛表现分析相关研究的发展和学科体系建设达到相对完善状态。

2013 年,国际运动表现分析协会推出了最新的 5 级“运动表现分析”资历认证标准(见表 1),为运动表现分析领域的从业资格和人才划分标准提供了依据,进一步完善了该学科领域的人才培养机制。

表 1 运动表现分析资历认证标准¹⁾

证书等级	学术科研路径(Scientific Route)		体育实践运用路径(Applied Route)	
	申请资格	授予头衔	申请资格	授予头衔
1 级证书	本科生	从业资格(Practitioner)	视频编辑、剪辑,数据收集、分类等实践工作者	实践者资格(Practitioner)
2 级证书	硕士研究生 本科毕业实习生	俱乐部资格(Club)	俱乐部教练助手	俱乐部实践者(Club)
3 级证书	博士研究生	研究者(Research)	专业体育机构正式雇用的表现分析师	高水平运动分析师(Elite analysis)
4 级证书	讲师	学者(Academic)	国际水平运动员/运动队的表现分析师	国际水平运动分析师(International)
5 级证书	专家教授	专家学者(Academic expert)	专业体育机构表现分析负责人	世界水平运动分析师(World class)

1)引自 ISPAS Accreditation Guidance Notes (v2, March 2013)

2 运动表现分析领域的主要教材

在“谷歌图书(google books)”中,以“sport performance analysis”和“sport notational analysis”为关键词进行搜索,分别可以得到260 000条和1 510条结果。但由于“谷歌图书”不能提供检索分析功能,因而无法对这些图书的出版年份、作者、单位信息进行分析。因此,本研究只对最主流的5本教材进行介绍^[4, 6-7]。

作为运动表现分析的先驱研究者,英国学者 Mike Hughes 和加拿大学者 Ian Franks 不仅促成了第1届“世界运动计数分析大会”的举办和“国际运动计数分析协会”的成立,而且编著了该领域早期最主要的两部教材:《运动计数分析》(2版)和《表现分析精要:概论》。后者主要针对1级证书申请者(本科生),《运动计数分析》第1版主要针对第1和第2级证书申请者,第2版本主要针对第3和第4级申请者。3本教材都从运动表现分析的基本理论、基本研究方法、研究技术等方面进行了深入探讨。同时也包含了各个分支领域内(如生物力学、运动技能习得、比赛跑动分析、教练行为分析等)当时最新的研究现状介绍。

作为“国际运动表现分析协会”官方期刊《International Journal of Performance Analysis in Sport》的现任主编,英国学者 Peter O'Donoghue 是近年来运动表现分析领域最活跃的顶级专家之一。他主编的3本教材:《运动表现分析的研究方法》、《运动表现分析手册》和《运动表现分析概论》受到广泛好评,并被逐步运用到各大高校的教学科研中。

《运动表现分析的研究方法》由10个部分构成,覆盖了运动表现分析的定义、如何选定和具体化研究问题、运动表现分析中的道德伦理问题(ethical issues)、研究方法的选择、研究对象测量和研究数据的收集、定量和定性研究方法的介绍、以及研究成果的成文^[3]。该教材完整、系统地论述了运动表现分析的研究过程。

《运动表现分析手册》的各个章节由来自不同国家、目前在运动表现分析领域内比较活跃的学者完成,主要由5部分组成。第1部分阐述了运动表现行为的理论基础,例如运用复杂系统方法对运动决断、技能习得和运动协作等各个方面进行解释;第2部分主要论述运动表现分析中的测量与评价,包括运动表现指标、运动表现档案创建以及其他描述和解释运动表现行为的变量;第3部分致力于讨论运动表现分析研究在职业体育中的应用,包括教练执教、裁判员执裁、媒体评论和高水平运动管理等;第4部分介绍了当下比较新颖的研究视角,如“比赛情景因素”(主客场比赛、比分领先或落后、上下半场等等)、技术有效性、比赛战术测量、创造性和专注度等;第5部分介绍了

运动表现分析在各个比赛项目中的运用情况,覆盖了足球、橄榄球、篮球、排球、沙滩排球、手球、板球、拍类运动、搏击运动、射击类运动、游泳、自行车、铁人三项、田径和艺术体操等十多个项目^[2]。该书可称得上是运动表现分析的集大成者。

《运动表现分析概论》可以看作是《运动表现分析的研究方法》的一个补充与改进。全书由10部分构成,第1—4部分和第10部分主要论述了运动表现分析的研究和成文过程,精简和改进了《运动表现分析的研究方法》中的相关阐述。第5—10部分则添加了“手工计数分析系统准则”、“手工计数分析系统实例”、“电子计数分析系统准则”、“电子计数分析系统实例”和“信效度检验”^[1]。

以上3本教材整合了前人的研究成果,同时更新了当下最新的研究成果,成为了运动比赛表现分析领域内目前最为广泛运用的教材。

此外,由 Thomas Reilly 和 Mark Williams 主编的《Science and Soccer》(《科学与足球》,第1版1997年^[8],第2版2004年^[9]),以及由 Carling Christopher、Mark Williams 和 Thomas Reilly^[10]主编的《Handbook of soccer match analysis: A systematic approach to improving performance》(《足球比赛分析手册:提升表现的系统性研究方法》,2005年)的被引用次数都超过了200次,也是两部非常重要的教材。但由于其主题局限于足球单项的表现分析,在此不予以深入讨论。

3 运动表现分析领域的期刊论文

研究使用汤森路透(Thomson Reuters) ISI Web of Knowledge 旗下的 Web of Science 数据库和 Elsevier 公司的 Scopus 数据库进行文献收集。Web of Science 数据库包含了著名的3大引文索引(科学引文索引(Science Citation Index, SCI)、社会科学引文索引(Social Science Citation Index, SSCI)、艺术与人文引文索引(Arts & Humanities Citation Index, A&HCI))以及会议论文引文索引(Conference Proceedings Citation Index, CPCI)、图书引文索引(Book Citation Index, BkCI)、Current Chemical Reactions、Index Chemicus 共7种综合性引文数据库,提供了自然科学、工程技术、生物医学、社会科学、艺术与人文等多个领域中高质量、可信赖的学术信息。Scopus 数据库是全世界最大的摘要和引文数据库,涵盖了5 000多个出版商的21 000种以上科学、技术及医学方面的期刊,主要包括了医学、农业与生物科学、物理、工程学、社会学、经济、商业与管理、生命科学、化学、数学、地球与环境科学、心理学、艺术与人文等学术领域的文献信息。

通过 Web of Science 数据库,本部分研究对所有包含关键词“sport”和“performance analysis”或“notational analysis”的文献“主题”进行检索,检索领域为“Sport Sciences(运动科学)”;时间跨度设为“所有年份”,文献类型限定为“Article(论文)”。共搜索到了 2 346 篇相关论文。

在 Scopus 数据库中,运动科学(Sports Sciences)类别被划分在健康科学(Health Professions)和社会科学(Social Sciences)领域下。研究同样以“sport”和“performance analysis”或“notational analysis”为关键词在“论文标题、摘要、关键字”范围内进行搜索,搜索日期范围为“所有年份至今(2014年12月12日)”,文献类型限制为“论文(Article)”。根据搜索结果显示,得到了 3 958 篇相关论文。

随后,对收集到的文献依照不同的层次关系进行逻辑归纳并通过 SPSS 22.0 和 Excel 进行数理统计,结果如下:

1) 论文数量、作者数量及被引用次数。

按照时间顺序对搜索到的文献进行分析,可以看出国际运动科研界在运动表现分析领域的论文发表数总体呈上升趋势。运动表现分析领域的第 1 篇论文为 1953 年由 Karvonen M J 和 Niemi M 发表的“Factor analysis of performance in track and field events”^[11]。从那时起到 1970 年代之前的近 20 年的时间中,只有 1964 年有一篇论文发表^[12]。但从 1973 年开始到 1995 年之间,每年都有 10 篇左右的运动表现分析的论文出版,但数量都还停留在一个较低的水平,论文发表最多的 1991 年也仅有 30 篇。而从 1996 年开始,运动表现分析论文开始快速增加,当年论文数量由前一年的 29 篇上升到 43 篇。自那时起,虽然偶尔有几年(2004、2008、2013 年)文章数量有轻微下降,但总体呈现迅速上升趋势(截至数据库搜索之日——2014 年 12 月 12 日,仍有许多期刊当年的最后一期还未被收录,所以 2014 年数量仅作参考,不作分析)。到 2012 年,该年度论文发表达到 394 篇,是 1996 年的 9 倍以上,成为截止到现在文章数量最多的一年。

按时间顺序对年度论文作者人数与论文被引用次数(发表以来至今)的分析,可以看出参与论文发表的平均作者人数和论文平均被引用次数呈上升趋势。从第一篇运动表现分析论文发表以来,平均作者人数在 1990 年以前没有超过 2 位,从当年起到 1997 年以前,平均作者人数开始逐渐上升,特别是 1992 年达到了 3.1 位的平均作者人数,随后几年,人数虽有所下降,但仍维持在 2.5 人左右。从 1997 年开始至 2010 年,平均作者人数在不断上升,每年都保持在 3 位以上,

而从 2010 年开始至今,作者人数超过并保持在 4 位左右。由此可见,运动表现分析领域在运动科研界的活跃程度在逐步提升。

运动表现分析的论文被引用次数在总体上呈现缓慢增长的势头,20 世纪 90 年代以前,平均被引用次数还非常小,虽然 1990 年达到了 3.76 次的历史最高值,但在接下一年,平均数直接降到了 1 次,从那时起至 2000 年前,数值开始上升并在 1.5 次上下浮动。2000 年后,平均被引用次数超过了 2 次并保持在 2.5 次的水平,2003 年的论文被引用次数更是达到了 1990 年以来的最高值,2.72 次。此外,从 1990 年代后期以来,尤其是进入 21 世纪以来,每篇文章的平均作者人数和平均被引用次数的标准差都在逐渐缩小,近几年则趋于稳定。由此可反映运动表现分析领域的稳步增长态势。

相对较为系统的运动表现分析从 1970 年代左右开始在国际运动科研期刊中出现,经过 80 年代的平缓发展,从 90 年代中后期到 21 世纪至今,进入了高速发展时期,论文年度发表数量、作者人数和论文被引用次数都在上升。这显示出运动表现分析作为一门新兴的学科受到了越来越多的关注和科研投入。

2) 活跃的作者、期刊、研究机构和国家(或地区)。

根据作者发表文章数进行统计,发现发表超过 9 篇运动表现分析论文的有 64 位作者,其中意大利 Castagna C 和芬兰 Davids K 发表论文数量超过 30 篇,而英国 Krustup P 和丹麦 Bangsbo J 成为了文章被引用次数前两名的作者,被引用次数分别为 1 847 次和 1 772 次。64 位作者中,32 位来自欧洲国家,17 位来自澳大利亚与新西兰,11 位来自北美,只有 4 位来自其它地区。从研究者的角度来看,澳大利亚(15 位)、美国(10 位)和英国(7 位)是世界上运动表现分析领域最活跃的 3 个国家。

刊载运动表现分析相关论文最活跃的前 20 家期刊。其中美国 7 家,占据首位,英国以 5 家排名第 2,其余期刊分属于澳大利亚和欧洲其它国家。Journal of Strength and Conditioning Research 成为发行运动表现分析相关论文最多的期刊,共有 236 篇论文,而 Journal of Sports Science 和 Journal of Sports & Exercise Psychology 分别是被引用总次数和平均被引用次数最多的期刊。在前 20 名期刊中,美国运动医学会的官方期刊 Medicine and Science in Sports and Exercise 拥有最高的 ISI(Institute for Scientific Index)影响因子:4.459。从图 1 中可以看出,排名前 20 的期刊都属于欧美国家。

在运动表现分析领域最活跃的 45 家研究机构中,澳大利亚体育研究所(Australian Institute of Sport)以 78 篇的总论文发表数排名第 1,其被引用总次数排名第

3。论文发表数量排名第 3(67)的利物浦约翰摩尔大学(Liverpool John Moores University)则以 2 238 次的论文被引用次数超过其他机构或大学,它也是唯一超过 2 000 次以上论文被引用次数的机构。与研究者、期刊

的分布特征类似,运动表现分析领域最活跃的大学和研究机构中,整个榜单几乎全部被欧美和大洋洲地区占据,仅有巴西圣保罗大学(Universidade de Sao Paulo)和香港大学(The University of Hong Kong)是例外。

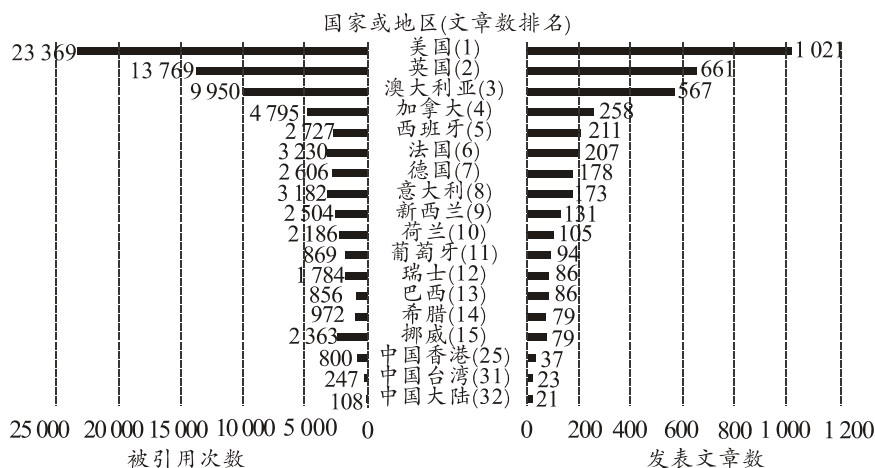


图 1 国家或地区发表文章总数与被引用次数排名(Scopus)

美国是在运动表现分析领域发表论文最活跃,在发表论文总数(1 021 篇)与总被引用次数(23 369 次)均领先世界其他国家(或地区),其后 4 位分别为英国、澳大利亚、加拿大和西班牙,而中国香港,中国台湾和中国大陆则分别排在了 25、31 和 32 位,论文发表总数加起来仅超过排名第 15 的挪威两篇。

从上分析可以看出,国际运动科研学术界在运动表现分析领域的不均衡,欧美国家以及大洋洲的澳大利亚和新西兰等发达国家在此领域处于领先地位,而包括中国在内的亚洲、拉美等地区在此研究领域还比较落后。

3) 热门研究运动项目。

根据运动项目的不同,在 Scopus 数据库中对搜索到的 3 958 篇论文进行了分类,得到 30 个表现分析领域类的热门运动项目。其中,足球以 722 篇的论文发表数量和 18 560 次被引用次数成为最热门的研究项目,自行车和篮球分别以 220 篇和 200 篇论文数量排名 2、3 位,而作为另外一个“三大球”的排球项目则位列第 7 位,论文发表数为 124 篇。在拍类运动中受关注度最高的是网球项目,其排名在第 10 位,有 90 篇的论文数量;而搏击类运动中,柔道成为了最热门的运动项目,与其相关的表现分析论文有 44 篇,排名第 18 位。从结果中可以看出,世界上主流的运动项目几乎都在运动表现分析领域的研究范围之内,且包含了绝大多数曾经或现在的夏季奥运会比赛项目,只有排名 16 和排名 20 的滑冰和滑雪项目是冬季奥运会项

目。因此,运动表现分析在冬季项目上的研究还需要得到更多的关注和发展。

作为一个科研领域,运动表现分析的论文数量、作者数量和被引用次数都与其历史发展轨迹契合:比较系统的相关论文于 20 世纪 70 年代左右开始在国际运动科研期刊中出现,经过 80 年代的平缓发展,从 90 年中后期到 21 世纪至今,进入了高速发展时期。该领域内活跃的作者、期刊、研究机构、国家(或地区)绝大多数都集中于欧美和大洋洲等经济发达地区,而包括中国在内的亚洲、拉美等地区在此研究领域还比较落后。绝大多数夏季奥运会比赛项目都在运动表现分析领域的研究范围之内,冬季运动项目上的研究则相对匮乏。

4 运动表现分析领域的发展前景

1) 今后的运动表现分析应该具备多元化视角,相关研究应集中在教练员、运动员、表现分析师等体育竞赛相关人群最关注的核心问题上。对于教练员来说,运动表现分析可以为改进训练计划提供最理想的反馈,但是,表现分析最主要的目标应该是评估教练员对比赛的掌控和他们在比赛中的表现(临场指挥、战术调整、换人等),探索比赛中最基本的成功要素,促成“比赛表现”、“比赛情景”和“训练表现”的融合;通过对运动员的表现分析,可以让他们更直观、深刻地认识到自己的优势与缺陷,促使他们在训练中加强自己的优势、弥补自己的缺陷,不仅能帮助运动员提

高自身运动水平,而且也可以提高团队水平,进而取得比赛成功;表现分析师的作用愈发重要,因为他们的工作能够客观、准确地记录训练和比赛中的各种关键细节,进而形成“比赛-观察与分析-信息反馈-训练-比赛”的训练、竞赛和科研循环。

2)数据收集是运动表现分析最核心的因素。科学技术的发展将带来更多的新设备、新软件和新的数据收集手段。如运动员跟踪定位技术、OPTA 技战术数据、AMISCO 比赛分析软件、PROZONE 比赛分析软件、GPS 球员定位软件等,都是目前被广泛应用的技术手段。而不久的将来,对这些设备和技术手段的改进,以及全新的技术手段的引入,都会给这个领域带来新的机遇和挑战。

3)大量即时的第一手数据,必然需要合适、有效的分析。新的多元数据统计模型将使运动表现分析变得更有预判性和前瞻性,从而能提供更加准确有效的信息,以帮助教练员更好的掌控和制定训练和比赛计划。混合线性模型、分类树、多元对数回归模型、社交网络模型、神经网络模型等,都已经开始慢慢被引入到运动表现分析中来。

如运动表现分析先驱研究者 Ian Franks 教授预测的那般:“未来职业体育将会出现这样一个情景:表现分析师、运动生理专家、运动生物力学专家、数学和统计学专家、理疗师和教练员将坐在一起,共同分析运动队(员)的比赛表现,共同探索到底是何种行为因素导致了优异的以及失败的比赛表现。”^[2]而且,可喜的是,“这一情景已经在某些运动项目中成为了现实”^[2]。相信某一天这样的情景能在我国的职业体育运动中实现。

参考文献:

[1] O'DONOGHUE P. An introduction to performance analysis of sport [M]. London: Routledge, 2014.

[2] MCGARRY T, O'DONOGHUE P, SAMPAIO J. Handbook of sports performance analysis[M]. Routledge, 2013.

[3] O'DONOGHUE P. Research methods for sports performance analysis [M]. London: Routledge, 2009.

[4] HUGHES M D, FRANKS I M. Notational analysis of sport[M]. London: E. & F.N. Spon, 1997.

[5] HODGSON J. Mastering movement: the life and work of Rudolf Laban [M]. Psychology Press, 2001.

[6] HUGHES M, FRANKS I M. Notational analysis of sport: systems for better coaching and performance in sport [M]. London: E. & F.N. Spon, 2004.

[7] HUGHES M, FRANKS I M. The essentials of performance analysis: an introduction[M]. London: Routledge, 2007.

[8] REILLY T, WILLIAMS A M. Science and Soccer [M]. London: E. & F.N. Spon, 1997.

[9] REILLY T, WILLIAMS A M. Science and Soccer II [M]. London: E. & F.N. Spon, 2004.

[10] CARLING C, WILLIAMS A M, REILLY T. Handbook of soccer match analysis: a systematic approach to improving performance[M]. London: E. & F.N. Spon, 2005.

[11] KARVONEN M J, NIEMI M. Factor analysis of performance in track and field events[J]. Arbeitsphysiologie, 1953, 15(2): 127-133.

[12] MARGARIA R, AGHEMO P, ROVELLI E. The effect of some drugs on the maximal capacity of athletic performance in man[J]. Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie, 1964, 20(4): 281-287.