

运动技术诊断概论

—— 李世明◎著 ——



科学出版社

内 容 简 介

运动技术诊断概论

李世明 著

科学出版社

内 容 简 介

本书较为系统地概述了运动技术诊断的理论与方法,以及在实践中的应用。全书共分九章,包括绪论、运动技术诊断的思维方式、运动技术诊断的生物基础、运动技术诊断的力学原理、运动技术诊断的测量技术、运动技术诊断的分析方法、运动技术诊断的数据处理、运动技术诊断的案例解析、展望。

本书可作为体育专业、理工科专业高年级本科生及研究生的教学用书,也可作为体育专业或具有理工科背景的教师、科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

运动技术诊断概论/李世明著. —北京:科学出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-03-039373-9

I. ①运… II. ①李… III. ①运动系统疾病-诊断 IV. ①R680.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 309629 号

责任编辑:李悦 焦惠丛/ 责任校对:张怡君

责任印制:赵德静 / 封面设计:铭轩堂设计公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 1 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2014 年 1 月第一次印刷 印张: 17 1/4

字数: 350 000

定价: 92.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序 一

随着现代科学技术的迅猛发展,基于运动技术与诊断的运动技能优化在激发人体潜能、挑战人类极限的竞技体育领域发挥着越来越重要的作用,同时运动技术诊断在大众健康领域的作用也得到了广泛认同与高度重视,正不断为改善人类身体机能、提升生活品质提供强有力的技术支撑。运动技术诊断在竞技与健身两大领域的成功案例与日俱增,体现了该学科具有很强的科学性与实用性,展现了自身的价值与魅力。

得益于运动技术诊断测试方法、手段的长足进步,近些年来,运动技术诊断在实践上得到了快速发展。譬如,运动学解析从人工判读发展到自动识别,极大提高了技术分析结果的反馈速度;动力学信息获取从对足底宏观整体的了解发展到对微观细节的把握,有效延展了技术分析的广度和深度;肌电学测试从有线连接发展到无线遥测乃至表面电极的有源发射,极大方便了技术测试的实施。然而,在运动技术测试方法与手段日臻完善的同时,对运动技术诊断理论体系的构建却没有得到足够的重视,这个缺失成为制约学科发展再上新台阶的“瓶颈”。那么,如何搭建运动技术诊断的学科框架呢?李世明博士笔耕不辍、历经数年撰写的又一部倾心力作《运动技术诊断概论》一书对此做了有益的尝试与初步的回答。

当李世明博士请我为该书作序时,作为他的博士后合作导师,在欣喜之余更备感荣幸。李世明博士勤于学习、善于思考、勇于探索、敏于创新,我十分钦羡于他立身治学、德才兼修的学风与人格魅力,以及不畏艰难的创业精神和解决问题的超常能力。该书首先着眼于运动技术诊断学科框架的宏观搭建,从绪论到展望,中间涵盖了运动技术诊断的思维方式、生物基础、力学原理、测量技术、分析方法、数据处理、案例解析七个模块,框架体系脉络清晰、结构合理。其次,该书着力于章节内容的微观描述,在参阅国内外大量文献资料的基础之上,精工提炼、细心推敲,既瞄准学科前沿、把握学术动态,又注重理论的系统性、方法的实践性。该书阐释了当前运动技术诊断领域许多有价值的热点问题,也凝聚了作者自己近些年来所取得的重要研究成果。

该书提出了运动技术诊断未来发展的七个方向:标准化测试、实时化反馈、综合化诊断、智能化决策、有效化训练、多元化应用、创新化探索。展望未来的

运动技术诊断,对人类挑战极限与创造健康生活的贡献必将愈来愈大,还需要更多专家学者共同为之努力。同时,也希望李世明博士不骄不躁不放弃、乐思乐做乐奉献,为运动技术诊断的美好明天做出更大的贡献。

中国科学院合肥物质科学研究院 研究员

2013年9月

序 二

70 多年前，马斯洛提出“人的需求金字塔”理论，依序是：欲望、安全的满足、归属感，以及尊重与被尊重的追求，最终在于追求自我实现；这个理论到了今天，在心理学及管理学这两个领域上，依然还是经典，这也证明了这个理论的价值。

人类的进步和发展，多有赖于这些少数追求自我实现的人。李世明博士由研究生开始，就长期以运动生物力学为主轴开始他的研究，自 2004 年开始出版一系列运动生物力学有关的著作及教材，我个人认为他就是一位具有超越自我特质的学者。李博士的博士后合作导师孙怡宁教授和我相熟，孙教授是一位不断追求自我超越的系统化实践家。李博士在孙教授的精神引导下，再加上长期的坚持，我们可以从他在运动生物力学的研究成果中看到可观之处。而且，运动技术诊断的应用更可以扩大到大众健康领域。

当年我们引进西方系统化的运动分析技术，也是因为想要提升国人健康医疗的能力。在 2000 年左右，偶尔看到探索频道（Discovery Channel）介绍欧美先进国家的医疗制度及运作的一系列报告，看到脑瘫的幼儿如何在早疗的过程中，有系统地运用运动、动力及肌电量测的运动生物力学及诊断技术分析，而提供医师们的一个完整又准确的参考数据，从而做出非常正确的诊断，以及对应的处置。这些经过早期疗愈的孩子，不会再如过去般要等到长大后，才再治疗，以致占用到多数倍的国家医疗资源。由于成效非常具体，所以其政府的健保单位，以极大的力度鼓励导入，而使医疗质量大幅提高。

这种综合运动学、动力学及肌电学的全观量测方式，当然不是任何只凭经验的诊断方式可以相比，例如，人类的下肢就有 63 个自由度（运动、下半身），运动过程中的相互作用无法只凭经验来判断或诊断，更没有人能同时准确地抓到其准确的时间和幅值，更何况频率响应。而且，这种智能化量测的重要价值，目的还不是只为了解决眼下的问题，在每次的个别量测与分析时，更要有系统化的思维同时为未来的需求做出努力。在知识经济的时代，其真正的价值在于对未来知识的提取（knowledge discovery）能大幅加速。

李博士在该书中归纳了各种运动技术理论，并提出了运动技术诊断应朝标准化测试、实时化反馈、综合化诊断、智能化决策、有效化训练、多元化应用、创新化探索七个方向发展，我甚为认同。因为，我们引进西方的科技方法及工具，目的不是照单全收，而是掌握其精髓，毕竟西方人和中国人在许多常模上，都有

明显的差异，在拥有十三亿人口的资源下，为国人建立自己的准确模型，有赖于大家共同努力。

我们这些年来，也组织了一个团队，将运动生物力学之步态分析应用在发展“量产客制化”的一些产品上，这个商业模式在提供健康生活的需求方面，照顾了人们的需求，也在根本上结合了标准化、实时化、综合化、智能化、有效化及多元化。这也体现了李博士的远见。

这本书除了综整李博士在运动领域的长期资料收集及实践内化的心得及创想之外，还可以应用到其他与人体运动有关的健康事实及领域的发展，因此特地为文推荐。

袁孝三

中华多元智慧发展学会 理事长

山卫科技股份有限公司 董事长

2013年9月

前 言

运动技术诊断是运动生物力学学科中的一个非常重要的研究领域,同等程度的概念还有运动技术分析、运动技术最优(佳)化等,是指对运动技术的表现进行观察、记录、分析、评定,找出存在问题,制定相应策略,修正技术不足,挖掘人体潜能,最终实现运动技术最优化。随着现代科学技术的迅猛发展,以及竞技体育、大众健康的迫切需要,运动技术诊断的理论体系及方法、手段在近几十年内已渐趋成形,在现代社会中发挥着愈来愈重要的作用。

本书共分九章:第一章绪论,介绍了运动技术诊断的概念、任务、分类、特点、历程;第二章运动技术诊断的思维方式,介绍了运动技术诊断的联系观、发展观、矛盾论;第三章运动技术诊断的生物基础,介绍了人体惯性参数、人体力学特性;第四章运动技术诊断的力学原理,介绍了基础性力学原理、类群性力学原理、专项性力学原理;第五章运动技术诊断的测量技术,介绍了运动学测量技术、动力学测量技术、肌电学测量技术;第六章运动技术诊断的分析方法,介绍了定性分析方法、定量分析方法、仿真分析方法;第七章运动技术诊断的数据处理,介绍了统计学、灰分析、最优化、ANN模型;第八章运动技术诊断的案例解析,介绍了铅球、足球、健美操、脑瘫步态的技术诊断;第九章展望,从七个方面对运动技术诊断未来的发展方向作了前瞻性的阐述,即标准化测试、实时化反馈、综合化诊断、智能化决策、有效化训练、多元化应用、创新化探索。当然,本书不是“大全”,还只是“概论”,仅为抛砖引玉之作,其体系待完善,框架待延伸,内涵待充实,外延待拓展。

本书在撰写过程中参考、引用了国内外许多专家学者的独到论断,在此对编著者和出版者一并表示诚挚的谢意!同时,本书也凝聚了我多年来所取得的研究成果,并参考了我前期独立撰写的著作、教材:《人体运动环节重量参数测量新思路》(北京体育大学出版社,2004)、《运动生物力学理论与方法》(科学出版社,2006)、《实用体育多元分析方法》(人民体育出版社,2007)、《运动生物力学英汉双语教程》(人民体育出版社,2008);以及我参编的全国统编教材:《运动生物力学》(高等教育出版社,2008)、《运动生物力学实验》(高等教育出版社,2008)、《体育统计学》(人民体育出版社,2011)等;另外,还参考了我主持的山东省双语教学示范课程《运动生物力学》。

衷心感谢我的硕士生导师——原中国体育科学学会运动生物力学分会副主任委员、北京体育大学运动人体科学学院刘学贞教授,博士生导师——原国际体育

科学与教育理事会执委、中国体育科学学会副理事长、北京体育大学校长金季春教授，博士后合作导师——中国科学院合肥物质科学研究院孙怡宁研究员，访问学者合作导师——美国伊利诺伊大学芝加哥分校应用健康科学学院 Yi-Chung Pai 教授，感谢他（她）们对我的赏识与指导，他（她）们的学术思想将启迪我一生的学术追求！感谢美国伊利诺伊大学芝加哥分校 Feng Yang 博士、Tanvi Bhatt 博士，中国科学院合肥物质科学研究院马祖长博士、周旭副研究员。同时，也要感谢我在鲁东大学体育学院指导的研究生们——部义峰、韩静、熊安竹、曹志飞、高金栋、刘镇铭、周世孝、杨蕊菡、孟超、杨林林、隋连香、于云飞、车海明、杨涛、姜丽、周博、唐丽萍、矫杰、康平、宋蕾蕾对我的理解与信任，他（她）们在我的指导下在运动技术诊断领域做了许多有价值的探索，为本书的撰写提供了大量素材、奠定了坚实基础；2012 年，我荣获了山东省第三届优秀研究生指导教师称号。本书是理论与方法的对接、思想与实践的集成、继承与创新的结晶，因此，诚挚地感谢上述所有人员为本书所做的重要贡献。

鲁东大学为本书的研究提供了良好条件；中国科学院合肥物质科学研究院为我从事博士后研究创建了良好的科研平台，对本书的研究与出版给予了大力支持。同时，本书的研究得到了山东省研究生教育创新计划项目“提高理论层次、加强实践环节、注重能力培养——《运动技术诊断学》研究”（SDYY08078）、中国博士后科学基金面上资助“基于多源信息融合的人体滑倒生物力学机理研究”（2012M511427）、中国博士后科学基金特别资助“基于时频分析的人体下肢关节力矩-肌电定量关系研究”（2013T60630）等课题的资助；本书的出版还得到了山卫集团-宏卫科技公司(AEC)、奇石乐中国有限公司、爱尔思康科技（北京）有限公司、美国魔神运动分析技术公司北京代表处、北京健乐世纪体育器材有限公司、维拓启创（北京）信息技术有限公司、北京冠一科仪商贸有限公司、安徽埃力智能科技有限公司、BTS S.p.A.、Simi Reality Motion Systems GmbH 的联合资助，在此一并表示诚挚的谢意！

作为一名中国体育科学学会运动生物力学分会委员、体育统计分会委员，我深知运动技术诊断学科建设的重要性、艰巨性与长期性。尽管本书是我“想了 10 年、写了 5 年”才完成的，但由于能力水平有限，书中疏漏不当之处在所难免，诚望读者批评指正。

李世明

2013 年 9 月

目 录

序一	1
序二	1
前言	1
第一章 绪论	1
一、运动技术诊断的概念	1
二、运动技术诊断的任务	2
三、运动技术诊断的分类	5
四、运动技术诊断的特点	8
五、运动技术诊断的历程	11
主要参考文献	14
第二章 运动技术诊断的思维方式	16
第一节 运动技术诊断的联系观	17
一、系统性原则	17
二、条件性原则	20
三、层次性原则	21
第二节 运动技术诊断的发展观	23
一、渐变式发展	23
二、突变式发展	24
第三节 运动技术诊断的矛盾论	25
一、动力与制动力相结合	25
二、主要与次要因素相结合	26
三、内因与外因相结合	27
主要参考文献	27
第三章 运动技术诊断的生物基础	29
第一节 人体惯性参数	29
一、基础知识	30
二、测量方法	34
三、统计模型	37
四、应用原则	42
第二节 人体力学特性	43

一、骨的力学特性	43
二、关节的力学特性	48
三、骨骼肌的力学特性	53
主要参考文献	59
第四章 运动技术诊断的力学原理	63
第一节 基础性力学原理	63
一、保持动作连贯原理	64
二、延长作用时间原理	65
三、增大有效质量原理	68
四、调节转动惯量原理	69
五、控制自由度原理	70
六、关节活动顺序原理	72
第二节 类群性力学原理	73
一、推与拉动作原理	73
二、缓冲与蹬伸动作原理	74
三、鞭打动作原理	74
四、摆动动作原理	76
五、躯干扭转动作原理	77
六、人体相向动作原理	77
第三节 专项性力学原理	78
一、人体动态稳定原理	78
二、纵跳动作力学原理	88
三、下肢鞭打力学原理	96
四、撑竿跳高力学原理	106
主要参考文献	109
第五章 运动技术诊断的测量技术	113
第一节 运动学测量技术	113
一、运动学测量仪器	113
二、运动学测量指标	130
第二节 动力学测量技术	136
一、动力学测量仪器	136
二、动力学测量指标	152
第三节 肌电学测量技术	159
一、肌电学测量仪器	159
二、肌电学测量指标	163

主要参考文献	173
第六章 运动技术诊断的分析方法	179
第一节 定性分析方法	179
一、定性分析一般过程	179
二、定性解剖分析基础	180
第二节 定量分析方法	183
一、定量分析一般过程	183
二、定量层次分析基础	185
第三节 仿真分析方法	187
一、仿真分析一般过程	188
二、仿真人体建模基础	189
主要参考文献	196
第七章 运动技术诊断的数据处理	199
第一节 统计学	199
一、统计学的基本原理	199
二、统计学的应用介绍	202
第二节 灰分析	204
一、灰分析的基本原理	204
二、灰分析的应用介绍	207
第三节 最优化	208
一、最优化的基本原理	208
二、最优化的应用介绍	209
第四节 ANN 模型	211
一、ANN 模型的基本原理	211
二、ANN 模型的应用介绍	212
主要参考文献	213
第八章 运动技术诊断的案例解析	216
第一节 铅球的技术诊断	216
一、背景与目的	216
二、对象与方法	216
三、结果与分析	218
四、结论与建议	225
第二节 足球的技术诊断	226
一、背景与目的	226
二、对象与方法	226

三、结果与分析	231
四、结论与建议	236
第三节 健美操的技术诊断	237
一、背景与目的	237
二、对象与方法	237
三、结果与分析	238
四、结论与建议	245
第四节 脑瘫步态的技术诊断	245
一、背景与目的	245
二、对象与方法	245
三、结果与分析	246
四、结论与建议	250
主要参考文献	250
第九章 展望	254
一、标准化测试	254
二、实时化反馈	255
三、综合化诊断	256
四、智能化决策	257
五、有效化训练	258
六、多元化应用	259
七、创新化探索	259
主要参考文献	260
附录 仪器设备的供应商	261

评定,找出其中存在的问题,并制定相应的策略以修正技术的不足、挖掘人体的潜能,最终实现运动技术最优化。这个过程与医院里的医生给患者看病的过程类似,医生在检查患者的症状之后也要判定患者的疾病并根据实际情况给患者开出处方,帮助其尽快康复。由此“运动技术诊断”(sport technique diagnosis)一词也就在体育领域应运而生。运动技术诊断的基础是对运动技术进行分析,其目标是探索运动技术原理、获得最优的运动技术,因此,人们在体育领域中也常用“运动技术分析”和“运动技术最优(佳)化”这两个术语。

运动技术原理与最优运动技术是两个不同的概念,因此,揭示运动技术原理和探索最优化的运动技术是两个不同层次的任务。运动技术原理是指完成某项动作技术的基本规律,它适合于任何人,不考虑运动员的性别、体型、运动素质的发展水平和心理素质等个体差异,是具有共性特点的一般规律,不能轻易违背。例如,对于短跑运动员,股四头肌与大腿后肌群力量的比值问题很重要,一般情况是两者比值为3:1。但是,著名短跑运动员阿什福德在相当一段时间内股四头肌和大腿后肌群力量的比值为7:1,其教练认为这也没有什么不好。直到阿什福德腿部肌肉严重拉伤后,教练员才开始考虑这个问题,加强了大腿后肌群的训练,其比值由7:1调整到3:1,一个月后阿什福德取得了第23届奥林匹克运动会(简称奥运会)百米跑的冠军。可见,不遵循一般规律就会出问题。而最优运动技术则是考虑了个人的身体形态、机能、心理素质和训练水平来应用一般技术原理,以达到最理想的运动成绩,它是既具有共性又具有个性特征的运动技术。最优运动技术的研究是非常有必要的。即使是一个非常优秀的运动员,其动作技术也会存在不合理的一面,在遵循一般运动技术原理的前提下,对运动员的动作技术进行生物力学诊断,发现其个人的技术特点和存在的问题,保留其合理的特点,改正其不合理之处,可以达到扬长避短的目的。教练员在训练中,经过实践逐渐摸索出适合运动员个人特点的合理技术是极其重要的。以举重的提铃技术为例,一般臀位太低不利于发力,但这又不是绝对的,要看运动员的身体特点而定。腿短、躯干长、腿部力量强、腰部力量弱者,就应该采用臀位相对较低的提铃技术,这样才能扬长避短,充分发挥腿部力量强的优势。而腿长、躯干短、腿部力量弱、腰部力量强者,则应该采用臀位相对较高的提铃技术。

二、运动技术诊断的任务

运动技术诊断的目的是揭示运动技术原理,达到运动技术最佳化。在这个过程中,可以实现以下5项研究任务。

(一) 增强人体运动效果

效果是动作所获得的结果和成绩,通过运动技术诊断,可实现增强人体运动

效果的目的。体育运动各个项目的运动目标是不同的,在竞技运动项目中,有的是为了获得最大的距离(如跳高、跳远、投掷等);有的是为了用最短时间通过一定距离(如各种距离的跑、自行车、划船、赛艇等);有的是为了克服最大阻力(如举重等),有的是为了准确地击中目标(如射箭、射击、篮球、足球等),有的是为了战胜对手(如摔跤、跆拳道、橄榄球等)。对于上述竞技体育项目,增强人体运动的效果就是要提高运动成绩。

运动技术诊断并不是竞技运动的专利,大众健康项目也需要进行运动技术诊断来增强以健身、安全、娱乐为目的的人体运动效果。例如健美(增加肌肉块)、有氧体操、慢跑、长走、太极拳等(改善内脏器官、心血管呼吸系统等)的运动目标都是为了改进自己身体的某些结构和功能,对身体健康有益。对于这些健身项目,增强人体运动效果就是要更好地完成身健体美的任务。

在竞技体育和大众健康中所使用的运动技术诊断方法和手段基本上是一致的,然而对人体运动效果的目的要求和精度要求却并不相同。例如,竞技体育项目中所使用的测量与分析技术和评价一个截肢者步态的技术是相同的。然而对运动员能量最优化的评价和对截肢者稳定性的评价却并不相同。运动员寻求的是非常精细的技术变化,哪怕它仅能使运动成绩提高几个百分点,他们的训练计划和再评价通常持续很长一段时间;相反,截肢者寻求的是在安全行走方面的较大提高,而不是细小的差别。尽管已有的技术能够使截肢者的感觉通过训练达到最好,但是截肢者即使没有达到最好而是仅能够行走他(她)就会十分高兴。

(二) 预防人体运动损伤

运动损伤无论在竞技体育还是在全民健身中都会经常发生,运动技术诊断的一个重要任务就是要预防人体运动损伤,这一任务甚至比增强人体运动效果还要重要,因为如果一旦发生了运动损伤,就谈不上如何增强人体运动效果了。通过技术诊断,可以纠正错误的技术,采用合理的、正确的技术,这样就可以最大限度地减少运动损伤。例如,网球、棒球运动员由于不恰当的击球技术(如在偏离打击中心的点上击球,握拍过紧等)会造成腕部、特别是肘部损伤;跨栏运动员和跑步运动员由于技术不当引起股后肌群撕伤;体操运动员由于跳马推手技术不当而造成落地损伤、由于腰部动作错误在单杠或高低杠上造成腰部损伤等。这些损伤均可通过运动技术分析和诊断,改进技术,尽量避免运动损伤的发生。

(三) 促使训练方法改进

运动技术诊断可以促使运动训练方法的改进。例如,跑步可以分为缓冲和蹬伸两个阶段,在缓冲阶段肌肉进行离心收缩,在蹬伸阶段肌肉进行向心收缩。按照肌肉力学的原理,先拉长紧接着缩短肌肉会产生更大的力量。但是,这种拉

伸一缩短之间转换的时间不能过长, 太长就会使动作被割裂成两个孤立的部分: 一部分是落地缓冲, 另一个部分相当于原地起跳。对于跑来说, 这个转换时间不能长于 170 ms。根据这种认识, 跑的支撑腿从着地到离地的支撑时间以短为宜。这一点已被世界级优秀选手的支撑时比其他选手短得多所证实。因此, 支撑腿的“后蹬”概念就被“撑地”概念所替代。支撑腿应该像弹簧那样起“撑地”的反弹作用, 不应该是着地缓冲之后再“后蹬”。因此, 人们发展了拉长一缩短周期 (plyometrics 或 stretch-shortening cycle, SSC) 训练法来训练运动员“撑地”的感觉和能力, 当然, 还应该对其中的转换时间进行必要的控制。

短跑的“后蹬”技术被淘汰后, 为增强股四头肌力量而采用的深蹲起的一些训练手段也随之被淘汰了。过去认为跑的动作主要是支撑腿的“蹬地”, 因此, 把训练重点放在发展股四头肌和股后肌群上, 这样的训练结果将导致随着训练会同时增加大腿的重量, 影响大腿蹬地之后的摆动速度。随着人们把目光从支撑腿转移到摆动腿, 人们更加重视对摆动腿的训练。使摆动腿向前加速和减速着地的肌群主要是使大腿前摆的髂腰肌和使大腿制动的臀大肌, 把训练主要放在这两群肌肉上不仅为运动提供了动力, 而且, 这两群肌肉的发达, 所增加的质量也不是加在大腿上, 而是加在躯干上, 不会影响大腿的摆动速度。

跑步中的摆动除了大腿还有两臂的摆动。跑步时摆动臂的摆动产生的惯性力将反射性地增加地面给人体的反作用力, 给支撑腿更大的负荷刺激。因此, 人们又发展了一种摆动臂负重训练法来增加这种负荷刺激, 并且, 这种训练法还有把力量和速度训练与正常的跑的技术结构结合起来的优点。

(四) 促进器材装备研发

运动技术诊断在增强运动效果和预防运动损伤的同时, 也促进了新型体育器材装备的研发。从 20 世纪 80 年代开始, 阿迪达斯公司就开始与 RSscan 公司合作为众多世界冠军进行个性化专业鞋研发工作, 垄断协议结束后, RSscan 公司也为耐克等其他品牌赞助的一些运动员进行鞋 3D 重塑和 3D 矫正鞋垫设计。运动鞋对于提高运动成绩和通过给脚一个很好的支撑和保护以预防损伤来说是非常重要的。因为前脚掌和脚后跟所受到的力不同, 因此, 利用不同材料的复杂组合来制作鞋底以适应脚的不同部分是很有益处的。例如, 在跑步中脚后跟先接触地面, 高达 2~3 倍体重的力迅速施加到运动员的脚后跟上, 脚后跟处的鞋底材料必须吸收来自冲击产生的能量以保护脚后跟免受巨大冲击力的损伤, 这就需要用黏性和弹性的材料来制作脚后跟处的鞋底。在直立时相, 脚与地面全接触然后用前脚掌蹬离地面。在后蹬时相, 需要鞋底材料吸收的能量很少, 所以, 鞋的弹性给运动员支撑使其向前向上快速移动。基于上述分析, 在鞋后跟上使用黏性塑料可为脚在着地初始时刻提供缓冲, 而在脚前掌处使用弹性塑料可最大限度地减小能量损失。

又如,田径规则中对跑鞋上鞋钉的数量、长度、直径都有严格的规定,但对鞋钉的位置和鞋的重量没有限制。因此,应合理地选择鞋钉的位置并尽量减轻跑鞋的重量。刘翔在雅典奥运会上以 12"91 的成绩平了世界纪录,获得了 110 米栏的奥运会冠军,改写了亚洲人无缘该项目的历史。刘翔所穿的跑鞋就是一家国际知名品牌为他量身定制的。据说跑鞋的弹性底板上设计了 6 个可换位的鞋钉,每一只跑鞋重量仅为 100g;再如,滑雪、滑冰运动员经常发生膝关节频繁地受到巨大扭矩作用的情况。人们研发了克拉克滑冰鞋以减少受损伤的机会;再说泳衣,2000 年悉尼奥运会前澳大利亚人研制的鲨鱼皮式的“快速皮肤”,使 2000 年悉尼奥运会的游泳纪录几乎全部改写,它为澳大利亚和美国分获 6 枚、14 枚金牌立下了汗马功劳。从设计原理上,我们还可以通过泳装与人体整体设计,用泳装来弥补人体体型的不足,使参赛队员体型接近最理想体型。除了鞋和服装,一些体育项目需要使用一些器械。在自行车、滑雪、网球、高尔夫、撑竿跳高、标枪等运动项目中,重量轻的和设计较好的器械不仅有利于提高优秀运动员的运动成绩,而且也有利于提高因娱乐而参与人群的成绩。例如,利用更轻、更强的碳纤维材料制成的网球拍不但重量减轻、强度增大,而且“甜点^{*}”也扩大。

(五) 探索人体运动规律

21 世纪是生命科学的世纪,而地球上生命之最是人类,人类对客观世界的认识远比对人体自身的结构、功能和运动规律的认识要广大得多,深刻得多。因此,探索人体运动规律和人体生命奥秘是 21 世纪的重大课题。通过对不同体育项目的运动技术诊断,可以探索人体运动规律,多方位地认识我们人类自身,从而实现人体对运动的控制。

三、运动技术诊断的分类

分类学是人类认识世界的基础科学。人们认识事物时,往往先把被认识的对象进行分类,以便寻找其中相同与不同的特征。对于运动技术诊断,主要有两种分类方法:一种方法是按在诊断过程中所使用的测量技术的不同来分类;另一种分类方法是按在技术诊断过程中所采用分析方法的层次来分类。下面,我们对这两种分类方法进行简单介绍。

(一) 基于测量技术的分类

现代科学技术日新月异,尤其是电子学、机械学、材料学、传感器技术、计

* 甜点 (sweet spot), 指偏离球拍中心点击中球, 也可以把球击出去的区域。