

北京体育大学建校四十五周年

科学论文选

1993—1998 获奖成果

KEXUE
LUNWEN
XUAN

北京体育大学科研处

目 录

国家科技进步奖

1996 年

- 中国优势竞技项目制胜规律 谢亚龙等 三等奖 (1)

国家教学成果奖

1993 年

- TFPS 教学用运动技术影片分析系统的教学应用 吕秋平等 二等奖 (5)

国家体委体育科学技术进步奖

1993 年

- 针刺和静力牵张对大负荷运动后骨骼肌收缩结构变化影响的免疫电静研究
..... 卢鼎厚等 一等奖 (9)
- 运动性骨骼肌疲劳的亚细胞机制 田野等 二等奖 (14)
- 我国重点竞技项目设置与布局的宏观决策 田麦久等 三等奖 (18)
- 儿童少年游泳运动员二级选材简易指标优选模式的研究
..... 张长存等 三等奖 (22)
- 运动过程中呼吸与循环的研究 杨锡让等 三等奖 (25)
- 运动员经血量的某些特点 李国盛等 三等奖 (30)

1995 年

- 中国优势竞技项目制胜规律 谢亚龙等 一等奖 (1)
- 对现代奥运会商业化、职业化和政治干预问题的探讨
..... 任海等 二等奖 (34)
- 动作速度定量控制发展肌肉速度力量的训练理论与方法
..... 陈松 三等奖 (41)
- 世界优秀艺术体操个人选手成套动作结构特点的研究
..... 邝丽 三等奖 (45)
- 竞技体育技、战术创新理论的研究 陈小蓉等 三等奖 (51)
- 竞技体操前沿动作技术研究 陆保钟等 三等奖 (54)
- 跳水运动员某些生物学特征的研究 温一静等 三等奖 (56)
- 中国竞技排球运动训练系统的决策研究 李宗浩等 三等奖 (60)

针刺对延迟性肌肉损伤过程中细胞内离子分布的影响及其机制	屈竹青等	三等奖	(64)
人类身体成分特征与运动能力和减肥机制的研究 ...	杨锡让等	三等奖	(67)
射箭瞄准动作规律的揭示与合理用力特征指标的确定	李良标等	三等奖	(72)
对弱智学生体育的实验研究	刘绍曾等	三等奖	(77)
我国体育科研机构评估体系的研究	赵玉亭等	三等奖	(81)
对北京市城市社区体育现状的研究	王凯珍	三等奖	(87)
我国体育科学研究中的方法学问题	田麦久等	三等奖	(95)
1997 年			
运动性骨骼肌疲劳和身体机能恢复研究	田野等	二等奖	(102)
20 世纪末期我国实施科技兴体战略的基本构想	田麦久等	二等奖	(108)
饮食性肥胖大鼠肥胖发生机制及耐力训练和改变饮食成分的减肥效果	王从容等	三等奖	(114)
我国儿童、少年篮球运动员选材标准的研制过程与方法	池建等	三等奖	(120)
运动性月经失调的内分泌学研究	李国盛等	三等奖	(123)
运动对雄激素水平、代谢及某些组织激素受体影响的研究	陆一帆等	三等奖	(128)
单纯肥胖症脂质代谢紊乱及其运动防治	张勇等	三等奖	(132)
对我国高等体育院校课程结构合理性的探讨	任海等	三等奖	(137)
我国体育院校教学过程管理规范化、科学化研究	周登嵩等	三等奖	(142)
我国城市社区体育的现状与发展趋势	王凯珍等	三等奖	(150)
我国体育系统机构改革若干问题的设想和论证	李元伟等	三等奖	(155)
国际乒乓球比赛微电脑报名系统的研制	张瑛秋等	三等奖	(163)
北京市缺乏高水平运动员的社会学分析	卢元镇等	三等奖	(167)

北京市哲学社会科学优秀成果奖

1994 年

中国优势竞技项目制胜规律	谢亚龙等	一等奖	(1)
导引养生史论稿(书摘)	吴志超等	二等奖	(174)

1996 年

体育管理学教程(书摘)	秦椿林等	二等奖	(177)
学校体育理论与方法研究(书摘)	王则珊等	二等奖	(183)

国家体委科学技术攻关与科学技术服务奖(奥运攻关)

1996 年

- 利用肌肉功能电刺激对中国体操队运动员进行专项力量训练的研究 肖光来等 二等奖 (185)

国家体委软科学研究优秀成果专项奖

1993 年

- 我国优秀运动员退役安置情况及改进对策 田麦久等 二等奖 (189)

第五届全国体育科学大会优秀论文

- 对我国城市社区体育发展模式的探讨 任海等 (194)
- 我国优秀女子赛艇运动员体能水平的有效指标及评价模型 曹景伟 (200)
- 中国高水平女子投掷选手全程性多年训练的方法学体系 李晓惠 (205)
- 我国部分优秀男子跳远运动员摆动腿最后一步支撑及摆动运动学特征对起跳效果的影响 吴小五 (212)
- 北京·海淀儿童少年主要形态生长发育 12 年纵向研究 沈海琴 (219)
- 中国学校体育教学现状及 2000 年发展战略目标与对策研究 周登嵩等 (223)
- 国内外高等体育教育专业课程体系的比较研究 王凯珍等 (228)
- 北京三所大学 30—40 岁女教师体育锻炼的现状及有氧健美操锻炼方案的研究 马鸿韬等 (234)

全国体育院校教学成果和教学研究论文奖

1996 年

- 我国体育院校教学过程管理规范化、科学化研究 周登嵩等 一等奖 (142)
- 研制实验设备深化实验教学改革 王瑞元等 一等奖 (240)
- 关于改革体育院校教材编写工作的研究 卢元镇等 二等奖 (246)
- 对我国高等体育院校课程结构合理性的探讨 任海等 二等奖 (137)
- 北京体育学院体育管理系学分制试点工程 秦椿林等 三等奖 (252)
- 关于北京体育大学德育体系整体规范化的研究 张万增等 三等奖 (257)
- 北京体育大学体育系排球专项学生教学、裁判、组织竞赛能力培养的优化途径 黄辅周等 三等奖 (261)

中国优势竞技项目制胜规律

谢亚龙 王汝英 邱钟惠 王 萍 温一静
于仙贵 薄云霄 徐昌豹 郭廷栋

1 中国优势竞技项目的类型及发展过程

1.1 中国优势竞技项目的类型 优势竞技项目是指在国际重大竞技比赛中多次取得优异成绩,在未来的竞争中具备有利条件的运动项目。

以优势的表现形式,即以各项目最好运动成绩的发展变化特征为标准,中国的优势竞技项目大体上可划分为二种类型:

1.1.1 长盛不衰型 长盛不衰型指运动成绩较长时间(在三个奥运会周期以上)保持世界先进水平的竞技项目。如中国的乒乓球项目。

1.1.2 波折起伏型 波折起伏型指运动成绩多次达到世界先进水平,但保持一段时间后又趋下落,之后又回升达到世界水平,属起伏不定的竞技项目。在中国的优势竞技项目中,波折起伏型占绝大多数。其中男子跳高是典型的波折起伏型项目。上述二种类型的划分并不是绝对的。属于长盛不衰型的乒乓球,在总体稳定中也存在着局部波折起伏的现象。

1.2 中国优势竞技项目的发展过程 从总体上看,大体经历了三个发展时期。根据不同时期的主要特征,可分别称作引进时期、探索时期和相对成熟时期。

1.2.1 引进时期 50年代是我国竞技体育的引进时期,各个竞技项目基本上都是从零开始,学习和引进国外(主要是苏联等国家)先进的训练理论、运动技术和方法。

1.2.2 探索时期 60至70年代是中国优势竞技项目的探索时期。在这一长时期中,中国在学习外国的先进经验,结合本国实际探索项目发展的内在规律,完善具有中国特色的训练理论与方法等方面,进行了艰苦的努力,取得了较大的进展,训练体制基本形成,技术队伍也初具规模。

1.2.3 相对成熟时期 80年代以来,中国的一些优势竞技项目开始进入了相对成熟的时期,一大批项目达到了世界先进水平,登上了竞技体育的高峰。

纵观中国优势竞技项目的发展过程,可以认为,当我们的训练指导思想比较符合项目自身的发展规律时,当我们在实践与认识的吻合度比世界各国更胜一筹时,当我们在学习外国先进经验的基础上有所发明、有所创新时,我国的竞技运动水平就会有较快的提高。

2 中国优势竞技项目发展规律的探讨

竞技项目的竞争是一种有规则、规范的竞争,我们可以把这类竞争活动通称为博弈活动。

1996年国家科技进步奖三等奖

1994年北京市哲学社会科学优秀成果一等奖

1995年国家体委体育科学技术进步奖一等奖

所谓博弈活动是指人们在竞赛规则的限定下,所从事的竞争优势的实践活动。剖析这项实践活动,我们可以发现,竞技体育系统的运行,分别在博弈原理、博弈决策和博弈实施三个层面上完成。(见图1)

博弈实施是竞技实践活动构成系统的表面层次,是人们可以大量观察到的选材、训练、竞赛、科研等实践活动。这些实践活动是人们容易发现和认识的社会现象,是人们身边大量进行着的社会实践。从社会行为的分类角度分析,博弈实施是一种操作行为。

博弈决策是指对竞技项目参与竞争的战略目标、方针、政策、策略、途径、手段等的制定与抉择。博弈决策是比博弈实施更深一个层次的东西,它是博弈实施的依据,因为决策性行为驱动操作性行为。

博弈原理是竞技实践中深层结构的东西,是人们在竞技实践中不易观察而又必须时时遵循的基本原理,是人们进行博弈决策和开展博弈实施必须遵循的准则。

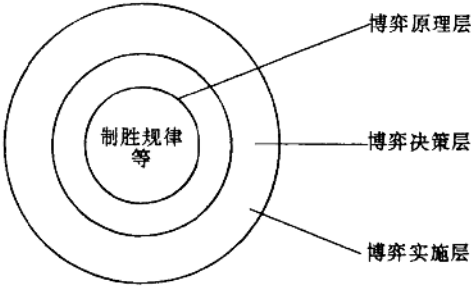


图1 竞技体育博弈系统

对制胜因素的认识,经过了一个由少及多、由感性到理性的过程,在完成这个认识过程的及时性、全面与系统性等方面,我国优势竞技项目较之其它一般国家,达到了更高的水平。由于竞技运动竞争的复杂性,所以竞技项目中的制胜因素不是单一的,而是一个“群”。

在中国的优势竞技项目中,乒乓球项目之所以能保持长盛不衰的地位,和中国乒坛首先把握了乒乓球项目的制胜规律有很大的关系。图2是中国乒乓球项目的教练员、运动员和科研人员总结出的本项目制胜因素——“快、转、准、狠、变”。中国乒坛人士认识到,乒乓球比赛中运动

2.1 关于博弈原理 在博弈原理中,制胜规律是居于核心地位的一个规律。所谓制胜规律,是指在竞赛规则的限定下,人们在竞赛中战胜对手,争取优异成绩所必须遵循的准则。制胜规律的组成包括两个方面,其一,制胜因素;其二,制胜因素之间的本质联系。制胜因素是竞争双方取胜对手的要素。

2.1.1 制胜因素 我国优势竞技项目对博弈原理的探索,是从对项目制胜因素的挖掘入手的

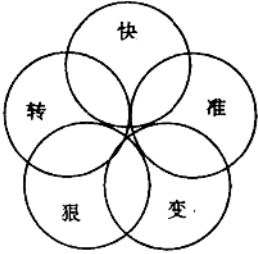


图2 乒乓项目的制胜因素

员的技术、战术和身体、心理、智力等的对抗,必须最终通过击出球的性状表现出来。技术、战术是表面的活动形式,而击出球的运动速度、球的旋转程度、球的力量与变化性、球的运动方向、路线、落点等,才是竞争对抗的内在实质。这种认识进一步揭示了乒乓球竞技的内在规律,从而把乒乓球竞技归纳提炼到一个可定量测量和分析比较的科学体系之中(见附表)。

附表 乒乓球项目的制胜因素及球的特性

制胜因素	球 的 特 性
快	运 球 速 度
转	旋 转 速 度
准	运 动 方 向 路 线 落 点
狠	攻 击 性
变	变 化 性

2.1.2 制胜因素之间的联系 中国优势竞技项目制胜因素间的本质联系存在着如下各种运动规律：总合律、主导律、奔前律、更迭律。

2.1.2.1 总合律 总合律是指运动竞技的能力是一种综合性的表现方式，它是由项目制胜因素的单个发展水平及其综合发展水平决定的。如体操的制胜因素是由难、新、稳、美等的不同发展水平面及组合方式所构

成的。

2.1.2.2 主导律 主导律是指运动竞技能力的众多制胜因素中必然存在起决定作用的主导因素这一规律。各制胜因素对专项制胜能力的贡献量是不同的。我们把在不同的时域内及不同的条件下对制胜起主导作用的因素，称之为主导因素。

2.1.2.3 奔前律 奔前律是指各制胜因素在发展变化上不是齐头并进的，而是呈现出单因素奔前——多因素跟进的变化特点。

各运动项目的制胜因素在发展进程中，都存在某一制胜因素奔前发展，造成某种不平衡，然后其它因素分别跟进，取得相对的平衡。之后，又有某一因素奔前发展，造成新的不平衡的情况。我们把制胜因素的这种变化规律，称为奔前律。事物发展的不平衡状态是绝对的，其均衡状态则是相对的。

应该指出，多因素跟进是相对于单因素奔前而言的，并不是各因素同时平均发展的意思。其状态如图3所示。

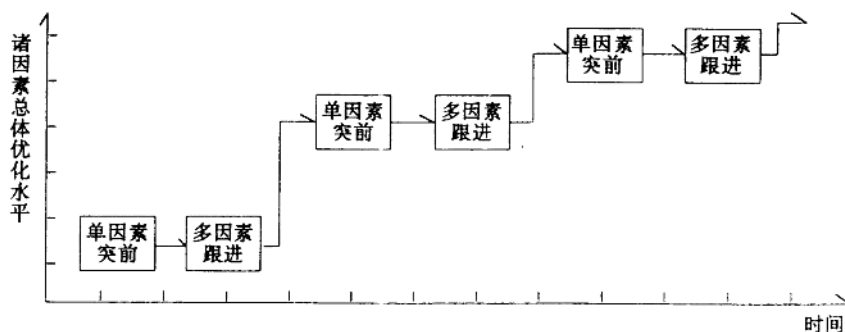


图3 制胜因素发展规律——奔前律示意图

2.1.2.4 更迭律 更迭律是指制胜因素在专项的发展过程中交替更迭的规律。由于时代所提供的训练理论、方法、仪器设备等不同，人们对制胜因素的认识深度也不同。在一定的时代里，由于对某一制胜因素的认识更深一些，因此形成代表性很强的风潮技术、风潮打法、风潮训练方法等。

2.2 关于博弈决策 博弈决策是指竞技项目发展的战略目标、方针、政策、策略、途径、手段等

的制定和抉择。这些抉择只有在对博弈原理进行深刻把握的基础上才能更加科学和正确。总结我国优势项目的成功经验,我们发现我国在博弈决策的三个方面有值得借鉴的成功经验。这三个方面分别为战略性抉择、体制性抉择和程序性抉择。

2.2.1 战略性抉择 总结中国优势竞技项目的实践经验,我们发现要制定正确的博弈决策方案,首先必须正确地进行战略性抉择。

一般来讲,博弈对策有三种可供选择的战略方案,即超前战略、维持战略和跟踪战略。超前战略要求人们把握项目的博弈原理,超前设计,大胆创新,弈出战略重点,瞄准高水平目标竞争,此为上策。维持战略在战略目标、技术创新等方面则比较保守,此为中策。

跟踪战略则是效仿对手,亦步亦趋,被动跟进,跟随在别人的后边爬行,此为下策。总结中国竞技项目的发展过程,优势项目基本上采取的都是“赶超战略”。“赶超战略”是通向成功之路的可靠途径。

2.2.2 体制性抉择 体制性抉择是指在系统的构成结构及组成方式上的决策。系统的构成结构对系统的功能有很大的影响。

中国乒乓球队成立以后,其战略目标是战胜世界各国强手。他们认识到,乒乓球竞技由五大制胜因素及其子因素随机组合可构成 1400 万种形式,为此,中国打世界就必须拥有世界各种流派的技术、战术和打法类型,构成一个世界打中国的国内练兵体制。在这种认识的基础上,我国乒坛制定了“百花齐放、以我为主,采诸家之长、建立中国乒坛小世界”的博弈对策。

2.2.3 程序性抉择 中国优势竞技项目在博弈决策问题上的第三个成功经验是:注意选择正确的决策程序。正确的决策程序是保证决策的民主化、科学化的前提。

竞技体育博弈决策一般由提出问题、确定目标、制定方案、验证方案、选择方案和实施方案等几部分组成。

2.3 关于博弈实施 从系统论角度看,博弈原理和博弈决策可视为一种系统思想,而博弈实施则可视为在系统思想指导下的一项庞大的系统工程。这个系统工程的运转情况,直接制约着运动成绩的产生。

直接参与博弈实施系统工程的,有两个子系统,即主体子系统(教练员、运动员)和支持子系统(科学研究、医疗恢复、文化教育、场地设施、后勤保障等)这两个子系统共同组成博弈实施大系统。

TFPS 教学用运动技术影片 分析系统的教学应用

吕秋平 沈信生 李良标

现代竞技体育的重要特点是高科技化,运动技术影片分析法已成为当今运动技术训练中一个不可缺少的环节,是代表体育高科技化的特征之一。无论是国际上,还是国内的优秀选手,都采用过这种方法成功地进行技术攻关,创造了更加合理或全新的技术,以至于在国际大赛中获得金牌。

在以往的教学,运动技术影片分析法虽然作为教学的内容之一,但由于缺乏有效的教学仪器和教学手段,只能做一些基本的理论介绍和一般的演示,学生没有实际动手实验的机会,从而无法真正地掌握运动技术影片分析方法。为了改变运动技术影片分析法教学的落后状况,我们改革了运动技术影片分析法的教学方法,研制了 TFPS 教学用运动技术影片分析系统 (Teaching's Film Processing System),彻底改变了以往影片分析方法教学的一般性介绍的状况,以实验部分为核心,借助新的教学仪器,使理论与实践相结合,大大加深了学生对这一方法的理论知识的理解和掌握;同时使学生亲自动手实验,掌握实际实验技能,大大提高了进行运动技术分析的研究能力,使这一领域的教学水平和教学质量达到了国内领先水平和国际先进水平。

1 教学大纲的改革

以往的教学大纲和教学计划中运动技术影片分析法主要以理论教学为主。专业本科生在这方面的课程学时数为 10 学时,其中理论讲解 8 学时,实验操作为 2 学时,占总学时的 20%;术科研究生的课程学时数为 6 学时,其中理论讲解 4 学时,实验操作 2 学时,占总学时的 33%,学生实际动手能力的学习很少,无法掌握实验技能。

在新的教学大纲中,运动技术影片分析法以实验操作为主要教学内容,通过实验学习,一方面掌握具体的实验方法和试验技能,另一方面通过实验更深入地理解理论原理。新大纲专业本科生课程学时数为 54 学时,其中理论讲解 12 学时,实验操作 42 学时,占总学时的 78%;术科研究生课程数为 24 学时,其中课堂理论讲解 8 学时,实验操作 16 学时,占总学时的 67%。这样整个教学始终围绕着关键环节——实验部分进行,使学生有较多的时间进入到具体的实验过程中进行学习。

2 教学手段的改变

技术影片分析是一个复杂的过程,需要一整套的设备。每个分析过程既有相对的联系性又

有相对的独立性。要想掌握这种研究方法,必须了解每个过程的具体方法。以往的教学手段中,主要工具是显微镜和机械式数字化仪。这类以手工方式操作的仪器在实际研究中早已淘汰。另一方面,科研用的影片分析系统精度和自动化程度高,但全套系统是一个“黑箱”,不能剖析演示各个分析过程的效果。这两类仪器均不能满足新的教学目标的要求,为此我们研制了“TFPS 教学用运动技术影片分析系统”作为运动技术分析的主要教学手段。

3 TFPS 影片分析系统的设计思想与特点

根据教学与科研两方面的需要,在 TFPS 系统研制中,我们始终围绕着减小和消除教学与科研之间的差距、解决教学与科研相脱节的主导思想,形成了 TFPS 影片分析系统几个突出的特点,使教学和科研紧密地结合到一起。

3.1 高精度 影片分析系统需要处理的数据量大,计算指标多,因此目前国内外科研中使用的影片分析系统均是复杂的高精度电脑化仪器。我们开发的 TFPS 影片分析系统,采用 16 位的 286 型计算机作为硬件设备,使其不仅具备教学的各种功能特点,还达到了科研所需求的高精度和多功能等先进性能。例如数据化板的精度为 0.1 mm;系统可计算和输出 70 多个指标;不仅能输出数据,还可输出图形,是一台具有教学和科研双重功能的仪器。因此,学生在学习中不仅能学到影片分析方法的理论和实验技能,而且在学习中能得到科研等级的实际操作锻炼,相当于进行了一次科学研究过程,在走上工作岗位后,能很快运用先进的影片分析仪进行科研工作,这大大提高了教学水平。

3.2 适用于教学的开放式设计 TFPS 影片分析系统采用开放式设计,将“黑箱”打开,更好地适应教学需要。其主要表现在以下方面:

1) 提供良好的帮助系统和人机对话方式,使操作者在任何情况下都能得到明确的提示,并且每个数据处理过程都用直观的形式显示出来,使其能了解每一步操作的正确与否。

2) 提供多方面的数据检查和数据修正,使操作者可随时检查错误产生的原因,并及时进行修正,保证最终结果的正确性。

3) 组合式分体设计,适用于不同层次的教学对象。在硬件方面,放映机、数据化板和计算机等仪器相互独立,有利于讲解各部分的功能;在软件方面,整个程序按功能不同分块设计,且相互独立。这种设计可分解剖析影片分析的各个过程,适用于不同教学内容的需要。对于一般体育系和运动系的普修课,利用这套系统可以演示和讲解其中的基本原理和实验过程,而对于研究生和生物力学本科专业学生等高层次教学对象,可利用这一系统详细和完整地讲解影片分析研究法的原理和实验方法。

3.3 直观性强 TFPS 系统的直观性体现在以下两方面:

1) 形式多样的人体线条图显示方法。TFPS 系统采用动态显示、静态显示、逐幅显示、选择显示、影片式显示等形式多样的图形方式再现动作技术,大大提高了该系统的直观性。

2) 平滑效果的直观显示及选定。对原始数据进行数据平滑时需要选定平滑程度,若平滑程度不够,则原始数据中随机误差影响大,数据精度低;若平滑过度,会严重“削去”原始数据曲线的波峰,改变数据变化的真实规律,因此,选定合适的平滑效果非常重要。以往人们是根据他人的选定经验或资料介绍的经验选定平滑效果。由于不同技术动作的动作频率不同,以及不同操作者解析得到的数据中含有随机误差的振幅和频率大小不同,他人的经验不具备普

遍适用性,因此这种借鉴他人经验的方法不精确。

TFPS 软件包采用曲线图的方法把平滑效果直观地显示出来,并可以进行不断地修正,直到选定最佳平滑效果,从而解决了平滑程度的选定问题,也使学生加深了对误差处理原理与方法的认识。

4 TFPS 影片分析系统的功能

TFPS 系统包括硬件和软件两部分。其中硬件部分的影片放映机采用上海体科所研制的分析放映机,数据化板采用美国产 A3 幅面数据化板,计算机采用目前流行的 IBM186 型计算机,打印机采用日本产 NECP6300 彩色打印机。整套硬件设备由 TFPS 软件系统控制、驱动。

TFPS 软件的研制工作是在 IBM286 兼容机上完成的。整个软件采用 25 行彩色汉字提示,汉字系统采用 UC DOS2.01 版本。整个软件包采用 Microso 配 Quick BASIC4.0 完成。图形显示用 EGA 方式(像素为 640×350)。TFPS 包括 9 个独立的功能模块,由主控模块实现它们的连接和控制转换。影片分析软件包括图像数据化和数据计算两个过程,TFPS 软件将上述两个过程分为以下 4 部分:1)工作参数设置;2)影片图像数据化;3)早期数据处理;4)后期数据计算。

工作参数设置部分完成 TFPS 软件运行时所需要的各种参数的设置,由参数设置模块完成。影片图像数据化部分实现从图像信息到定量数据的转化过程,由数据采集模块完成。早期数据处理部分是把解析得到的原始数据进行初步的加工处理,以满足后期数据计算的需要,例如原始数据中“异常点”的检查与修改、扫描摄影的坐标变换等等,这一部分包括 TFPS 中的数据检查模块和扫描处理模块,早期数据处理部分是 TFPS 软件特有的成分。后期数据计算部分完成各种力学指标的计算、测量点的曲线图和人体线条图的制作等功能,它包括程序中的图显示模块,常规指标计算模块和质心指标计算模块。

在程序设计方面,整个 TFPS 软件包由一个主控模块和 9 个功能模块组成。其中功能模块包括:1)参数设置;2)数据采集;3)数据检查;4)扫描处理;5)棍图显示;6)常规指标计算;7)质心指标计算;8)动量矩计算;9)图像定标。TFPS 采用主控模块实现各功能模块的运行和转换控制。

5 TFPS 影片分析教学系统的实践效果

新的教学方法及 TFPS 系统的应用,自 1989 年开始,经过 3 年多的实践,取得了非常显著的效果。北京体育学院研究生 89 级、90 级、91 级和 91 级的生物力学课均按改革后的教学方法,采用 TFPS 系统作为核心教学设备进行学习;自 89 年以来的历届体育生物科学系生物力学专业生也采用改革后的教学方法和 TFPS 系统进行学习并完成学位论文。TFPS 系统在 1991 年底通过了北京体育学院重点科研课题的鉴定验收。新的教学方法和 TFPS 系统得到了专家的肯定和学生的好评。采用新的教学方法和 TFPS 系统培养出来的研究生能够基本独立地完成影片分析的实验设计、数据采集、指标等全部分析过程。北京体育学院研究生,以及

沈阳体育学院研究生等 8 人,采用 TFPS 系统完成了硕士论文的平面摄影分析工作,通过了硕士论文答辩。其中顾洛虎的硕士论文“樊迪高低杠向前大回环及其连接的前空翻抓杠振浪技术的生物力学分析”被选入西班牙第 25 届奥运会科学论文报告大会,郭培培的硕士论文“对我国 3 名女运动员蝶泳技术的运动学分析”被选入第 4 届全国体育科学论文报告大会。北京体育学院研究生部、体育生物科学系及外校学生普遍认为新的教学方法和 TFPS 系统显著提高了教学水平和教学质量,培养了学生技术分析能力、科研能力和实际动手能力。

6 运动技术影片分析法教学改革和 TFPS 系统具有广阔的推广价值和推广前景

我国教育改革的目标之一,是培养既有扎实的理论基础,又有高度实际工作能力的体育工作者,以加快我国体育科学化的进程,并尽快推动我国运动水平的提高。我们在这方面进行的教学改革,正是符合了形势对体育教学的要求。同时,TFPS 系统具有教学适用面广、适应不同层次教学对象、很好地解决了教学与科研相结合的问题、并且价格低于其它科研用影片分析仪的 1/2,因此,这种以实验为核心、以 TFPS 系统为主要教学手段的新的教学方法和教学仪器具有广阔的推广价值和推广前景。

7 参考文献

- 1 体育学院教材编审委员会运动生物力学.北京:人民体育出版社,1982
- 2 李良标,吕秋平等.运动生物力学.北京:北京体育学院出版社,1991
- 3 清华大学理论力学教研组.理论力学(上、中、下).北京:人民教育出版社,1981
- 4 洪友廉.运动生物力学的一般研究方法(讲义).1985
- 5 刘赤峰.微型计算机 IBM—PC 实用手册.1988

针刺和静力牵张对大负荷运动后骨骼肌收缩结构变化影响的免疫电镜研究

卢鼎厚 樊景禹 屈竹青 李晓楠

超过习惯负荷的运动训练、体力劳动等能引起骨骼肌工作后出现延迟性酸痛,收缩和伸展功能下降。这些功能变化影响肌肉工作能力,并可能和骨骼肌运动损伤有密切的关系。

七十年代初期,我们继承并简化了我国传统医学中阿是穴斜刺针法治疗骨骼肌运动损伤,获得很好的疗效,并在八十年代初期观察到大负荷运动后骨骼肌超微结构的显著变化及针刺和静力牵张能显著地促进大负荷运动后骨骼肌超微结构变化的恢复,缓解肌肉酸痛。综上所述,迄今为止对超过习惯负荷后骨骼肌的结构和机能变化多倾向属病理性质的改变。本文用免疫电镜的方法观察大负荷运动后骨骼肌收缩结构变化时收缩蛋白的定位变化,探讨这种变化的性质以及针刺和静力牵张对促进大负荷运动后超微结构恢复作用的机理,为运动负荷的安排、骨骼肌运动损伤的防治以及有关的基础理论等提供参考。

1 研究的方法和实验组织

骨骼肌收缩蛋白抗血清制备:

提取和纯化人骨骼肌的中线 M 蛋白(M-protein)和 α -辅肌动蛋白(α -actinin)以及鸡肌球蛋白(Myosin),并分别免疫家兔,获得了兔抗人骨骼肌中线 M-protein 抗血清、兔抗人骨骼肌 α -actinin 抗血清和兔抗鸡骨骼肌 Myosin 抗血清,效价皆为 1:32。经双扩散试验和对低温包埋的人骨骼肌超薄切片样品免疫标记试验,证明我们所得的抗血清对相应的骨骼肌蛋白有特异性免疫反应;同时,实验证明兔抗鸡骨骼肌 Myosin 抗血清对人骨骼肌 Myosin 具有特异的交叉免疫反应。我们把所获得的抗血清分装, -30℃ 低温保存备用。

6 名志愿者分为针刺和静力牵张两组,每组 3 人。受试者在重复多组斜蹲练习至力竭后 48 小时在两大腿股外肌最痛点(约在髌骨外上角至股骨大转子连线中、下三分之一交界处)常规手术取一长 2 厘米直径 2-3 毫米的肌肉。针刺组每人随机选一腿为针刺腿,在工作后即刻、工作后 24 小时、48 小时(取样前)共针刺 3 次,针刺最痛点,不提插捻转,留针 5 分钟后退针。另一腿不针刺,为运动对照。静力牵张组工作后每人随机选一腿对股四头肌进行静力牵张,以静力牵张 1 分钟,休息 1 分钟为一组,重复 3 组,在工作后即刻、当晚、翌晨、第二日晚、第三日晨、第三日取样前共进行 6 次牵张练习。另一腿不牵张,作运动对照。扎于牙签上的肌肉活检样品以 3% 多聚甲醛和 0.1% 戊二醛固定,低温条件下通过乙醇系列脱水,Lowicryl K4M 低温包埋,并在 360nm 紫外光照射下 -35℃ 低温聚合,每样品包 4 个块,超薄切片,每块捞两个网,经抗血清孵育,蛋白 A-胶体金或羊抗兔-胶体金标记、铀-铅染色后,电镜下观察收缩结构变化和免疫反应结果。针刺、静力牵张及其运动对照结果的定量统计照片按随机原则拍摄。统计

方法按郑福盛著《细胞形态立体计量学》的方法进行。

2 实验结果和分析

2.1 大负荷斜蹲后人骨骼肌收缩结构的延迟性变化 从受试者多组重复力竭性斜蹲后 48 小时股外肌活检样品中,我们观察到收缩结构不同程度的变化:Z 带扭曲、断裂或消失;中线模糊、扭曲、消失;在中线消失后,粗丝扭拧、紧缩,致使肌节发生不同程度的缩短,有的长度甚至小于 $0.5\mu\text{m}$,而其邻近肌节则不同程度的拉长,甚至大于 $3.5\mu\text{m}$;肌节的长度变化导致肌原纤维扭曲,甚至在同一视野中观察到肌丝的纵切与横切并存的图像。我们还观察到肌原纤维断裂、肌丝走向紊乱、肌丝稀疏,甚至局部收缩结构完全消失。

我们统计了重复力竭性工作后 M 线或 Z 线结构变化的电镜图片 56 张,按结构变化的程度统计 M 线或 Z 线的显著变化(结构消失)或轻度变化(扭曲等)的发生率。在结构变化的 301 个 Z 线中仅 29 个 Z 线结构消失,占 Z 线变化总数的 9.63%;轻度变化的 Z 线 272 个,占 Z 线变化总数的 90.37%。在结构变化的 298 个 M 线中,结构消失的 M 线 117 个,占变化 M 线总数的 40.48%;轻度变化的 M 线 172 个,占变化 M 线总数的 59.52%。

与此同时,我们还观察到:随 M 线结构发生显著改变时 A 带结构也呈显著变化。在 M 线呈轻度变化的 172 个肌节中,89 个(51.7%)A 带结构正常,68 个 A 带(39.5%)仅呈轻度变化,未见 A 带发生重度结构变化;而在 117 例 M 线消失的肌节中则未见有正常结构的 A 带,但重度结构变化的 A 带却有 98 个,占 M 线消失肌节 A 带总数的 83.8%。从上述结果可以看出,在重复力竭性工作后 M 线比 Z 线更多发生结构消失,而 M 线结构消失则伴有 A 带(粗丝)结构的显著变化。

我们所观察到的收缩结构变化的范围,有的局限在单个的或少数肌节,局灶性的散在分布于肌细胞内;也观察到结构变化连接成片,甚至波及整个肌细胞。变化的局灶性和变化程度不同提示应重视研究导致变化的外周机制。

我们的观察结果表明:大负荷工作后骨骼肌收缩结构变化已远远超过前人对痉挛时骨骼肌超微结构变化的程度。如果认为大负荷运动后 Z 线的结构变化是由于运动时机械力作用于 Z 线的结果,那么,在力竭性大负荷运动后的收缩结构变化的程度和变化范围的复杂现象,也很难能用“损伤”解释清楚。此外,由于这种延迟性的结构变化是可逆的,因此也不宜列入坏死的范畴。

为了探索大负荷运动后骨骼肌收缩结构变化的性质,我们用免疫电镜的方法定位中线 M 蛋白、Z 线 α -actinin 和 A 带 Myosin 等收缩蛋白,观察在多组力竭性斜蹲后股外肌收缩结构变化时,上述收缩蛋白免疫定位的变化以及针刺和静力牵张对免疫定位变化的影响,以探讨超过习惯负荷后收缩结构变化的性质以及针刺和静力牵张对促进负荷后结构变化恢复作用的机理。

2.2 针刺对大负荷运动后骨骼肌收缩结构变化影响的免疫电镜观察 用蛋白 A-胶体金复合物标记兔抗人骨骼肌 M-蛋白抗血清定位大负荷运动后人骨骼肌中线 M 蛋白并比较运动后针刺腿样品和未经针刺的运动对照腿样品的 M 线、M 线两侧相当于 M 线宽度的区域(简称 M 线两侧),以及肌节内上述两区域以外的其他区域(简称 M 线两侧以外)M-蛋白的免疫标记密度。我们观察到:针刺腿中标记物于各肌节的 M 线内分布均匀,标记物密度较高且集中于

M线内。而运动腿不同肌节M线M蛋白的标记密度则差异较大。在A带完整M线正常的肌节,M线上含有较多的金颗粒,以致M线可见一密集的标记物带,而M线以外则结合很少。但在M线扭曲、模糊或断续时,M线标记密度显著下降,M线两侧及其两侧以外区域的标记物明显增多。当M线消失后,则A带中部的标记物也随之消失,M线以外区域标记物增加。

对比大负荷斜蹲后未经针刺的运动对照腿和针刺腿股外肌样品的M-蛋白免疫标记密度时我们观察到:对照腿股外肌中线的M-蛋白免疫标记密度低于针刺腿($P<0.05$)但中线两侧及中线两侧以外区域的M-蛋白免疫标记密度都高于针刺腿相应区域($P<0.01$, $P<0.05$);针刺腿M线的M-蛋白免疫标记密度高于运动腿($P<0.05$),而M线两侧及以外区域则未见特异性标记。经过吸附对照和空白血清对照实验证明,运动腿M线两侧和两侧以外区域的标记密度高于吸附和空白对照。这一结果表明,大负荷斜蹲后,M线两侧及其以外区域出现M-蛋白的特异性免疫标记。鉴于M-蛋白降解后仍能与抗M-蛋白抗血清发生免疫反应,及大负荷运动后对照腿M线两侧和两侧以外区域出现能与抗M-蛋白抗血清发生特异性免疫反应的标记,使我们合理设想:大负荷运动后骨骼肌M线M-蛋白解聚或降解并向中线外区域扩散。值得注意的是:我们在观察到运动腿股外肌M线M-蛋白免疫标记密度显著下降,M蛋白解聚或降解并向M线以外区域扩散时,多观察到M线结构不同程度地改变甚至结构消失。上述的观察结果提示:超过习惯负荷的肌肉工作所诱发的延迟性收缩结构蛋白的解聚或降解优势(简称降解优势)导致了收缩结构的改变或解体。

针刺则能抑制M-蛋白的降解或加强其组装或合成过程,因而针刺腿股外肌M线免疫标记密度提高的同时M线结构也多呈现正常。此外我们从3名受试者12个包埋块的51~100张照片所得到的结果观察到:大负荷斜蹲后运动腿M线结构变化的体密度高达48.48%,而针刺腿仅为9.37%($P>0.01$)。上述结果反映了针刺(斜刺)能显著地促进大负荷运动后收缩蛋白的组装、合成从而促进结构和机能恢复。另一方面也反映了M-蛋白的解聚、降解或组装、合成与中线的结构变化或结构稳定、恢复之间可能存在的密切关系。

我们对大负荷斜蹲后股外肌Z带结构变化、Z带 α -actinin免疫定位的观察获得了与大负荷运动后M线结构变化以及M-蛋白免疫定位变化趋势一致的结果。大负荷斜蹲后运动腿股外肌Z带 α -actinin免疫标记密度低于针刺腿。但运动腿Z带以外区域 α -actinin免疫标记密度却高于针刺腿。我们同时观察到针刺使大负荷运动后Z带变化率降低了41%,并使大负荷运动后Z带变化的程度显著减轻:Z带部分消失率从22.53%下降到8.33%($P<0.01$),而Z带扭曲的变化率却从66.80%上升到86.37%($P<0.01$)。

对大负荷斜蹲后股外肌肌球蛋白免疫定位研究同样观察到:大负荷运动后肌原纤维粗丝结构变化时,肌球蛋白免疫标记密度下降;针刺具有促进大负荷运动后肌球蛋白合成以及粗丝肌结构恢复的作用。

2.3 静力牵张对大负荷运动后骨骼肌收缩结构变化影响的免疫电镜研究 我们的观察结果可以看出,重复力竭性工作后M线M-蛋白的免疫标记密度:牵张腿为58.78,运动腿为36.04;Z线 α -actinin的免疫标记密度:牵张腿为77.99,运动腿为41.93;A带Myosin的免疫标记密度:牵张腿为61.67,运动腿为47.04。上述差异的显著性检验皆为 $P<0.01$ 。我们还观察到静力牵张使工作后骨骼肌收缩结构变化的数量减少,如:M线变化的体密度(%):运动腿41.97%,牵张腿为6.33%;A带变化的体密度(%):运动腿为5.59%,牵张腿则未见结构变化的A带;Z线结构变化的体密度:运动腿为84.47%,牵张腿为50.71%。静力牵张在使Z线变

化率下降的同时还使 Z 线变化的完全消失率从 9.09% 下降到 0.08%; 而扭曲等轻度变化的发生率从 82.99% 提高至 91.17%。

静力牵张能提高骨骼肌的合成代谢已有报导。我们的观察结果则反映了静力牵张在加强骨骼肌蛋白合成的同时促进力竭性肌肉工作后收缩结构的恢复。这一结果显示, 静力牵张对运动后骨骼肌收缩蛋白合成和结构恢复可能与针刺有相似的作用。但由于静力牵张后 M 线两侧和 Z 线以外区域均仍存在特异性的免疫标记, 同时静力牵张的肌节长度大于针刺的肌节长度。这是否提示着静力牵张和针刺作用机理可能存在区别, 这尚待进一步的研究。

3 研究结果的理论进展和实践意义

1) 重复力竭性运动后骨骼肌收缩结构的延迟性变化的结果表明: 超过习惯负荷所引起的收缩结构改变是导致延迟性肌肉酸痛、肌肉僵硬、收缩和伸展功能下降的主要原因。

2) 正确的理解骨骼肌收缩结构延迟性变化的性质和骨骼肌损伤的机制有助于合理的安排肌肉工作负荷, 有利于防止运动、劳动和生活中的肌肉损伤。根据对重复力竭性运动后收缩蛋白的免疫定位和结构变化的观察结果我们认为: 超过习惯负荷的肌肉工作后收缩结构的延迟性变化是由于工作后收缩蛋白的降解优势所致。这种延迟发生的收缩蛋白降解优势和结构变化是一过性的。在工作停止后, 经过休息, 收缩蛋白的分解代谢与合成代谢重新恢复平衡, 结构也随之恢复到工作前的状态。在重复运动或劳动等肌肉工作时, 由前一负荷所引起的延迟性的代谢和结构变化可能向两个方向发展: 一种可能是在工作后通过休息和促进恢复的措施并根据前一负荷的反应调整后继续训练负荷, 则促使结构的恢复和增强; 另一种可能则是工作后没有足够的休息和促进恢复的措施, 而使工作后的延迟性结构变化不能完全恢复, 并导致骨骼肌收缩和伸展功能下降。在这样的背景条件下, 重复的超负荷工作将导致结构变化的积累和稳定, 形成慢性肌肉损伤, 或是在一定的结构变化和机能下降的背景条件下受到突然外力的作用, 而引起骨骼肌的急性损伤。

综上所述, 我们认为:

①超过习惯负荷后的一过性代谢和收缩结构变化并没有构成相对稳定的病理变化而只是一种向着生理或病理变化过渡的状态。因此, 这种变化的性质仍可认为是生理性的或是生理向病理性过渡的变化过程。

②超过习惯负荷后的延迟性结构改变构成了后继负荷可能导致骨骼肌损伤的背景。因此, 正确地理解超过习惯负荷后骨骼肌延迟性结构和机能变化的性质有助于合理地安排肌肉工作负荷, 从而有利于预防骨骼肌损伤。

3) 针刺(斜刺)对促进力竭性肌肉工作后收缩结构变化恢复的作用是通过抑制力竭性运动后收缩蛋白的降解优势或加强收缩蛋白的组装、合成过程而实现的。斜刺可以使重复力竭性工作后骨骼肌收缩结构的免疫标记密度升高, 该结构以外则未见特异性免疫标记, 同时使收缩结构变化的数量减少, 变化的程度减轻, 这一结果提示斜刺有抑制力竭性运动后收缩蛋白的降解优势或加强收缩蛋白的组装、合成过程而维持收缩结构的稳定或促进收缩结构的恢复。

本实验中为了加强显示斜刺对力竭性运动后骨骼肌收缩结构变化的作用, 在实验设计中对待试者在运动后即刻、24 小时、48 小时活检取样前进行了三次针刺。这种设计的目的主要在于观察针刺的作用, 因而无法区分针刺(斜刺)后即刻及其后续期间的作用是否相同以及针刺

的作用究竟是抑制运动后骨骼肌收缩结构蛋白的降解优势还是加强收缩结构蛋白的合成过程或是两者兼而有之。但这并不妨碍“针刺对运动后收缩结构变化和功能的恢复是通过调整或促进运动后骨骼肌收缩蛋白的转化或其分解代谢与合成代谢的平衡”这一结论的建立。同时,也为进一步研究和推广应用针刺于某些骨骼肌病的治疗,提供了线索。

4)针刺(斜刺)缓解骨骼肌酸痛的机制在于促进肌肉的结构恢复正常,因而具有完全而持久消除疼痛的作用。目前,我们还无法阐明超过习惯负荷后延迟性肌肉酸痛的机制。但根据我们的观察结果,具有正常收缩结构的肌肉是没有酸痛感觉的。收缩结构的改变导致肌肉不同程度的僵硬并伴有不同程度酸痛感觉,随针刺(斜刺)使肌肉的收缩结构的恢复,肌肉僵硬缓解,酸痛也随之消失。由此可见,针刺(斜刺)对超过习惯负荷后所引起的骨骼肌延迟性酸痛的缓解不是一时性的麻醉镇痛而是通过调整收缩蛋白代谢促进结构恢复正常而消除痛源,因而它具有完全而持久消除疼痛的作用。

5)我们的实验观察结果表明:针刺(斜刺)促进肌肉结构恢复的作用不是通过神经-体液或经络等中枢机制而是通过肌肉本身的某种外周机制实现的。这一结果为<灵枢经>中提出的“肌痹”的治疗要“以痛为腧”,取阿是穴提供了现代科学的实验证据。

由于急性或慢性骨骼肌损伤的症状和超过习惯负荷后延迟性酸痛时的症状极为近似,针刺(斜刺)应用于临床同样显示出使损伤肌肉的僵硬状态和疼痛缓解、功能恢复的作用并具有很高的疗效。因而可以设想:针刺(斜刺)对骨骼肌损伤的治疗作用同样是通过调整骨骼肌收缩蛋白的代谢特别是加强其合成或转化,促进其结构的恢复而实现的。当然,这一推论还需要进一步对损伤肌肉的活检观察中证实。此外,超过习惯负荷后骨骼肌延迟性收缩结构变化具有局灶性特征,已经反映针刺作用可能存在于外周机制。

我们在去大脑、去脊髓或阻断运动终板并切断膝关节以上的皮肤、肌肉、神经、血管、甚至在离体肌肉或肌束以电刺激蟾蜍腓肠肌或半腱肌至力竭后仍能观察到斜刺对促进蟾蜍骨骼肌收缩能力、膜电位、钙离子浓度恢复的显著作用。这组观察结果提示着:针刺骨骼肌所引起的结构和功能恢复不是通过神经-体液或经络等中枢机制而是通过存在于肌肉内的某种外周机制实现的。我们的实验观察结果为<灵枢经>中提出的“肌痹”的治疗要“以痛为腧”,取阿是穴提供了现代科学的实验证据。因此,对这一外周机制的深入研究对阐明针刺对骨骼肌作用的机理的特殊性和全面的认识中枢与外周之间的关系是十分重要的。

6)静力牵张对骨骼肌结构和功能恢复的作用及其在运动实践中的应用。我们的研究结果证明,力竭性运动后静力牵张能通过加强骨骼肌收缩蛋白的合成过程促进收缩结构的恢复。因此,在运动练习后推广应用以静力牵张伸展练习为主的整理活动对阻断骨骼肌运动后延迟性结构变化和延迟性肌肉酸痛的发展、促进骨骼肌的收缩结构及功能的恢复都有良好的作用。

静力牵张在骨骼肌损伤的治疗过程中,同样有促进恢复的作用,但要注意牵拉的幅度,以感到拉紧为宜而不可使被牵拉的肌肉出现疼痛。在持续牵拉的过程中肌肉会逐渐放松,牵拉约1分钟后,缓慢地松开被牵拉的肌肉,然后进行少量的揉捏、抖动,休息1分钟后再进行第二次牵拉。如能重复牵拉三次效果更好。在有些需要进行牵引治疗特别是进行腰椎的牵引时,需要注意腰部肌肉的状态,如果腰部肌肉已经僵硬、紧张,那么接受牵引时,首先受到牵拉的是肌肉,过大力量的牵拉可能导致肌肉损伤而使疼痛加重。因此,在进行牵引治疗时,应首先注意使有关的肌肉放松,才能使牵引的力量主要作用于关节而获得较好的疗效。