



次最大强度下

改变骑行主要变量对骑行影响的实验研究



罗炯·著

GAIBIAN QIXING ZHUYAO BIANLIANG
DUI QIXING YINGXIANG
DE SHIYAN YANJIU
CIZUIDA QIANGDU XIA



西安地图出版社

西南大学博士基金资助项目
课题编号SWUB2006029



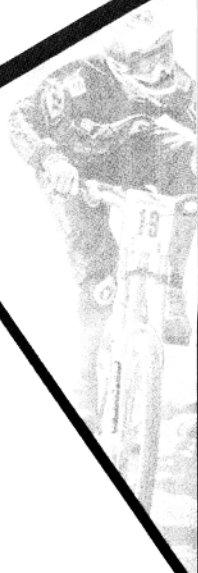
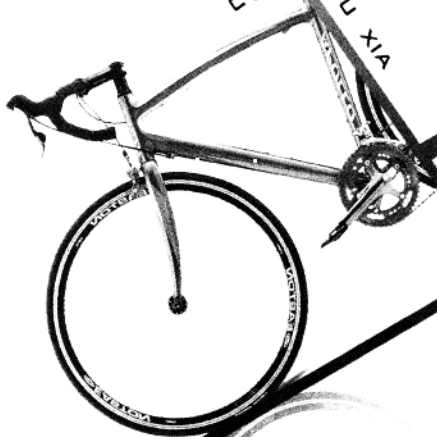
次最大强度下

改变骑行主要变量对骑行影响

的实验研究

罗炯·著

GAIBIAN QIXING ZHUYAO BIANLIANG
DUI QIXING YINGXIANG
DE SHIYAN YANJIU
CIZUIDA QIANGDU XIA



西安地图出版社

图书在版编目(CIP)数据

次最大强度下改变骑行主要变量对骑行影响的实验研究/罗炯著. —西安:西安地图出版社,2009.7

ISBN 978-7-80748-444-8

I. 次… II. 罗… III. 骑行技术(自行车运动) IV. G872.319

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 114186 号

次最大强度下改变骑行主要变量对骑行影响的实验研究

罗 炯 著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码:710054)

新华书店经销 三河市铭浩彩色印装有限公司印刷

850 毫米×1168 毫米 1/32 开本 5.625 印张 151 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

印数:0001~1500

ISBN 978-7-80748-444-8

定价:22.00 元

作者简介



罗炯 男，湖南邵阳人，生于1966年10月，教育学博士，副教授。1998年9月考取成都体育学院研究生部运动人体科学专业硕士研究生。2001年7月硕士研究生毕业，获教育学硕士学位。硕士毕业后分配到广东韶关学院体

育系工作，主讲运动生物力学、运动解剖学、运动生物化学、体育统计学、体育科研方法等课程。2001年，考取北京体育大学运动人体科学专业博士研究生，专业方向为运动生物力学。2005年6月博士研究生毕业，获教育学博士学位，博士毕业后来到西南大学体育学院工作。多年来，主要从事运动技术诊断与营养恢复方面的研究，自2000年至今，主研课题2项，参研《短跑技术原理及训练方法研究》、《奥运重点项目运动技术诊断与及时反馈系统研究》等6项，出版专著1部，教材1部，多次参加国际、国内重要学术论文报告会，曾在国内中文核心期刊上发表论文16余篇。

前 言

自行车既是一种重要的交通工具,同时又是一种体育活动器械,自行车运动现已成为人们喜爱的体育竞赛项目之一。

从自行车的几何结构看,骑行时车手与自行车接触部位只有三处,即车把、车坐和脚蹬。因此足、臀部及手在自行车上的相对位置决定了骑行的舒适度和作用力的传递。其中曲柄长、坐高、坐角、有效体长、车把立长、手把宽度、手把的类型(随项目不同而异)等变量影响到躯体的相对姿位。此外,正确的骑姿与空气阻力、效率、最大功率之间的关系密不可分。有经验的车手,在骑行过程中不断地微调自己的姿势,如精神饱满、疲倦、平坦路面、斜坡路面等应采取什么样的骑行姿势是件非常困难的事情。而且对某车手而言,最佳骑姿不是固定不变的,随着时间的推移,比赛训练的深入,下肢各关节伸展性和柔韧性的加强,关节运动范围的增大,特别是胸绳肌、臀部、腰部及腹部肌群力量的加强、比赛经验的增多,那么原来的最佳姿位可能发生微小的改变。

在最近几十年,生物力学和空气动力学方面的研究正日益影响着自行车运动的发展,毫无疑问,骑行成绩的提高除了要注重训练、管理、营养外,选取最佳骑行姿势、改善骑行的动作效率绝对是获取优异成绩不可替代的前提。毫无疑问,动作效率是踏蹬技术的代名词而已,骑行中,蹬踏是人与车前进的唯一动力。良好的踏蹬技术可使运动员以最小的能量消耗得到最大的功率,而落后的、错误的踏蹬技术会过分地消耗运动员的体能,却得不到相应的功效。踏蹬技术包括了诸多方面,其中足与脚蹬界面间用力方向及屈踝模式是技术关键,此外还有当脚蹬处于上、下“死点”时的用力是否主动、停留时间长短,驱动阶段用力是否充分,恢复阶段是否主动,踏蹬动作幅度是否引起节奏变慢、车身颤摆,踏蹬周期中,左



右两腿用力是否均匀等。

中国是自行车使用绝对数量和人均拥有量最多的国家,但无论对自行车设备的研制,还是对自行车运动的研究,都与欧美发达国家有很大的差距。集中表现在三个方面。其一,我国自行车运动员在身体素质方面与世界级优秀运动员相比还存在许多不足,因而难以掌握合理、先进的踏蹬技术。其二,我国目前还缺乏有关自行车技术理论的系统研究,训练中,缺乏科学的技术理论指导,教练员们仅靠经验去矫正运动员的技术,因而难以获得明显的效果。其三,由于我国基础研究不足,长期以来,自行车、特别是竞赛用自行车的设计基本上依靠国外的试验数据,出现运动员被动地适应国外设计的符合他们人体结构特性的运动器械的现象。

本研究是在前人研究的基础上,从运动生物力学角度出发,利用目前先进的传感技术与计算机技术,研制出一件测量仪器(测试车),通过控制受试者上体姿态、改变坐角、坐高所引起的脚蹬、车坐、手把上的力值变化、下肢踏蹬中运动学参数的变化及下肢主要肌群的肌肉放电变化进行分析,从而为适合于中国人人体结构特性的坐姿定位以及为所测的每个自行车运动员获得各自最优的车架结构尺寸提供理论依据和有效的原始数据。为真正实现“自行车适合于人的理念”迈出了重要的一步,从而更好地为体育运动及全民健身服务。此外,在仪器研制与实验分析基础上开发一套踏蹬技术诊断分析系统软件,该系统能及时获得运动员运动学、动力学等参数,并能实现一般水平与高水平以及高水平运动员之间图像及参数间的对比,及时寻找踏蹬技术中个别差异,以促进我国自行车运动技术水平的提高。



中文摘要

为了提高自行车训练的科学性,需对运动员个体技术特征进行监控、测试与反馈,而我国正缺少这种监控手段和方法。为此,本研究根据当前自行车训练的要求研制出一辆测试车,通过改变坐角、坐高获得九种组合位置,选择了5名自行车运动员和6名一般骑车人作研究对象进行技术分析,并对自行车运动员的“赛车定位”单独进行“诊断”,从中发现了某些技术规律,提出了一些可供评价踏蹬技术好坏的指标及对自行车运动训练有益的建议,开发出一套集数据采集、处理、存贮和回放一体化的踏蹬技术诊断系统软件,基本上为实现“自行车适合于人”的理念迈出了重要一步,为今后进一步探索骑行技术和及时反馈、监控训练过程打下了基础。得到了如下结果:

(1)实验确证了恢复阶段驱动时相段的存在。但对踏蹬处于恢复阶段中的技术本质提出了新的认识,认为有效的骑车技术,提拉踏板技术并不是为了产生驱动力,而是确保下肢环节链稳定快速的跨越上下死点区域的需要。在高功率输出下,前蹬阶段增加峰力矩比恢复阶段减小负力矩对增加功率输出肩负更多的责任。

(2)实验确证了两个理论推导的正确性。其一是恢复阶段的曲柄角速度应适当高于前蹬;其二是膝、踝关节轨迹的理论论证与实际结果的一致性。

(3)为本实验的两类受试者的车坐确定了基本的定位范围。自行车运动员坐角选择应大于 72° ,坐高的选择应大于或等于 $106\%TH$;对娱乐性健身选手, 72° 坐角、 $101\%TH$ 坐高是较佳的车坐定位标准。

(4)初步确定了用于踏蹬技术诊断分析的五种评价指标:其一



是踏蹬过程中提拉阶段的曲柄角速度应适当高于前蹬。其二是不同组合下踏蹬时,上、下死点区域的大小。其三是不同组合下前蹬阶段的平均作用效率。其四是膝、踝关节中心轨迹的重叠程度、光滑程度、对称性与非对称性。其五是踏蹬过程中左右两腿用力是否均匀。

(5)实验中有两大发现:其一是发现运动员在踏蹬过程中大腿角屈伸范围的基本恒定性,因而提出了提高自行车运动员髋关节伸展功率力量训练方法—即力量训练应控制大腿屈伸角的范围在 30° — 85° 间。其二发现自行车运动员“大腿长与有效小腿长的比率”是影响骑行的重要“因子”之一,这对自行车运动员选材有重要参考意义。

(6)研究开发出一套踏蹬技术诊断分析系统软件,可同步测取运动员踏蹬过程中任意踏蹬瞬间下肢环节及曲柄的运动学参数及脚蹬、车坐、手把三处的动力学参数,并能将所测取的力值与相关的夹角,通过相关软件获取作用于脚蹬上的有用力和效率指数。软件能实现一般水平与高水平以及高水平运动员之间图像及参数间的对比,以及时寻找踏蹬技术中的个别差异,对提高我国自行车运动竞技水平大有裨益。

关键词:自行车测试车研制;坐角;坐高;最佳骑行定位;踏蹬技术;诊断系统软件



The Experiment Research About changing main Variables In Submaximal Intention of Cycling Performance

(Abstract)

To advance the science of bicycle training ,it is necessary to supervise, test and feedback the athlete's individual techniques. In defect of such an controlling instrument and method in our country ,therefore, a testing bicycle has been developed in this experimentation according to the demands of current bicycle training . 5 sporters of bicycle and 6 pastime bicyclers were tested and their techniques were analysed . especially ,the saddle orientation of racing bicycle were diagnosed solely for the athletes participating in the this test. This study found some disciplinarians , Provided some indexes on how to analyze shortcoming and merit about pedalling techniques and some beneficial suggestions for training, built up a set of software integrated with collecting data, processing, storing and rewinding. An important step was strided on Bicycle For Human Being and a base was underlayed for exploring ,feedback and supervising the techniques of riding on bicycle in the future. conclusions as follows:

(1)The existence on the driving phase in the recovery course has been corroborated. however, a new cognition was put forward about the technical essence of pedaling, which thinks that the effective pedaling techniques isnnt for producing driving force but for ensuring the need of Tache chain of lower limbs spanning TDC rapidly and steadily in the course of recovery phase. The study thinks that increasing positive moment during the driving phase takes on more responsibility than decreasing negative mo-



ment in the recovery phase especially in the condition of high—power output.

(2) The study approved the validity of two theories. The first is the angular velocity Of crank in the recovery phase should bigger than driving phase ones, the second is the consistency on the theoretic analysis of knee and ankle joint tracks and practical results

(3) Saddle orienting scope for the objects participating this experiment were conformed primarily , namely Seat angle should be $>72^\circ$ and seat height be $\geq 106\%$ TH for the bicycle— athlete and 72° Seat angle and 101% TH be considered the better orientation for recreation bicyclers.

(4) Five indexes using in diagnosis for pedalling techniques were decided . The first is the angular velocity Of crank in the recovery phase should bigger than driving phase ones. The second is the scopes of TDC in the different combinations. The third is the average efficiency of the driving phase during the different combinations. The fourth is overlapping degree , lubricous degree, symmetry and unsymmetry of knee and ankle joint track. The fifth is the equilibrium in strength of the left and right leg in the course of pedaling.

(5) There are two discoveries in the experiment. One is invariableness basically about bending and extending scope of thigh angle during the pedaling which tells us the strength training method of improving stretching power of coax joint related to bicycle athletes, namely bending and stretching angle Of thigh must be controlled in $30^\circ-85^\circ$ while Pursuing strength training. The other is the rate between thigh length and effective calf



length is one of the important factors influencing bicycling which can provide important references for selecting the bike sporters.

(6) The study built a set of diagnostic software on pedalling technique, which can obtain Synchronously kinematic parameters of lower limbs taches and kinetic parameters of pedal, handle and saddle at any moment during the pedaling. Then, kinetic parameters Were combined with related to angle which shall produce effective force and efficient index through related to software. Diagnostic software can achieve the Comparison of pictures and characters between the general and high-grade athletes and among the outstanding athletes so as to search individual differences in pedaling techniques, which will bring many benefits for advancing the competitive bicycle.

Keywords: Manufacture of Bicycle Vehicle; seat angle; seat high; the best saddle orientation; pedalling techniques; Diagnostic Software



目 录

自行车骑姿定位与踏蹬技术研究进展(文献综述) ·····	(1)
1. 自选频率与能量节省化 ·····	(3)
2. 骑行的动力学研究 ·····	(5)
2.1 踏蹬频率与骑行效率 ·····	(5)
2.2 踏蹬中的作用力及作用矩 ·····	(8)
2.3 骑行中空气动力学与阻力·····	(11)
3. 骑行的运动学研究 ·····	(15)
4. 肌电与神经肌肉疲劳的最小值研究 ·····	(17)
5. 坐角、坐高、曲柄长与骑行姿势的研究 ·····	(22)
6. 小结 ·····	(27)
第 I 部分:测试车的研制与测量原理 ·····	(29)
1. 测试车的机械部分 ·····	(29)
1.1 功率控制组件与控制原理·····	(29)
1.2 脚蹬、车把与车坐的改造与力传感器的安装 ·····	(31)
2. 力传感器测量原理 ·····	(34)
3. 对仪器精度的检验 ·····	(35)
4. 软件部分 ·····	(36)
小结 I ·····	(36)
第 II 部分:对测试车的验证及测试结果分析 ·····	(38)
1. 研究对象与方法 ·····	(38)
1.1 研究对象·····	(38)
1.2 研究范围及时相阶段划分·····	(40)
1.3 研究内容·····	(42)



1.4	实验设计	(43)
1.5	研究方法	(45)
2.	测试结果与分析	(50)
2.1	对组合5下重复测试的检验	(51)
2.2	运动学测试结果分析	(52)
2.3	动力学测试结果分析	(72)
2.4	肌电测试结果分析	(102)
第Ⅲ部分:自行车踏蹬技术诊断反馈系统软件的开发		(113)
1.	自行车踏蹬技术诊断反馈系统的功能及意义	(113)
2.	诊断分析系统各部分的具体内容及操作流程	(114)
2.1	二维图像解析	(114)
2.2	动力学参数测量	(118)
2.3	独立分析	(120)
2.4	对比分析	(124)
2.5	帮助	(127)
2.6	小结Ⅲ	(128)
全文分析与讨论		(129)
结 论		(132)
建 议		(134)
参考文献		(136)
附录1:两类受试者人体测量学参数		(145)
附录2:最大输出功率(PPO)的测量		(146)
附录3:耻骨联合高度的测量及坐高的定位方法图		(147)
附录4:递增负荷试验记录表格设计		(148)
附录5:组合5下重复试验两类受试者主要运 动力学、动力学及肌电参数统计表		(149)
附录6:三维力传感器的测量原理		(150)



附录 7:不同组合下两类受试者最大髋、膝、踝角统计表 ...	(156)
附录 8:两类受试者车把、车坐受合力 与曲柄角之间的关系曲线	(158)
附录 9:研究人员与运动员合影	(160)
后 记	(161)



自行车骑姿定位与踏蹬技术研究进展

(文献综述)

自行车,拉丁文为 Bicyoletta,是“快”和“步行者”的意思,中文译名“自行车”。1815年,世界上第一辆自行车出现在法国,它没有中轴和脚蹬,骑车和行走一样,借助脚蹬地的反作用力,使车轮向前滚动。1869年,法国人玛金在前轮上加了脚蹬,骑起来省力,速度也加快了。到1890年,英国一个医生把实心轮胎改为充气轮胎,减少了与地面的摩擦力,又一次提高了速度。就近代自行车几次重大革新可归结于如下几个方面:一是增添了变速装置,出现了多级变速,最多达到10—21个档位,可以随意调节,适应不同的地形和气候条件,给旅游和竞赛带来了最大的方便;二是材质的改进,向质轻、坚固的方向发展,提高了速度;三是结构形式的改进,除了自行车的型号、类别,现在流行的有踏板式自行车、折叠式自行车、椭圆牙盘自行车和多人旅行自行车等;四是减小空气阻力方面的改进。如澳大利亚研制了世界上阻力最小的“超级自行车”,为澳大利亚自行车队在奥运会上夺冠作出了贡献。

早在1896年第一届奥运会上,自行车运动即被列入正式比赛项目。奥运会已举行了27届,其中20届都有自行车比赛。1900年成立了国际自行车联合会。

1889年R. Pscall^[1]发表了第一篇关于自行车运动研究的文章。一百多年过去了,人们一刻也没停止过对它的探索,其中踏蹬技术及骑行姿势很早就引起人们的关注。骑行时合适的姿势更多地肩负着将有关肌肉功有效地传递至脚蹬,而踏蹬技术则更多地肩负着将作用于脚蹬上的力更有效地传给曲柄。



众所周知,生物力学是用经典力学的基本原理和方法去研究生物系统的力学规律。因此它不仅包括有关生物活体动作的运动学和动力学问题,而且涉及身体与环境之间的相互作用问题。当运用生物力学有关原理对自行车骑行进行研究时,人们最感兴趣的课题就是怎样提高骑行效率。有人将骑行生物力学定义为研究空间、时间、力、功、功率、骑行能耗与骑行者、车辆、环境之间相互作用的关系。而把影响骑行成绩生物力学因素归为三大类型:即环境因素、内力因素、外力因素。

环境因素一般有重力、摩擦力和空气阻力。当爬坡时,重力对骑行起阻碍作用,但下坡时其作用正相反,摩擦力及滚动摩擦力对运动成绩的影响程度与骑行的场地类型有关。空气阻力一般阻碍骑行,其大小受多种因素影响。

内力因素包括肌肉的起止长度,肌肉长度的变化,力臂长度,施加于肌肉上载荷,阻力臂,力的作用方向、作用线及作用类型、作用点,关节角,肌拉力角,单关节肌和多关节肌,肌纤维类型及排列方式,有关杠杆(滑轮)数目和类型,肌肉的收缩类型(向心、等长、离心),收缩的速度,肌肉募集模式(激化频率,同步性,有关运动单元数目),肌肉内摩擦阻力,肌肉的粘滞性等^[3,4]。内力因素间相互作用可影响到肌肉力、力矩及肌肉功的传递^[5]。内力因素改变和相互作用常常是因外部力学因素作用的结果。

外力因素主要涉及到一些约束,这些因素中主要有坐垫到踏板的距离,坐垫高度,曲柄长度,手把的高度、长度、位置,骑手躯体姿位、方向、关节构型,足在脚踏板上的位置,链条大小及形状,齿率,轮的大小、质量、直径及惯性,功率在传递过程中的损失。这些变量的相互作用常常改变关节角位置,关节运动幅度,肌肉的长度,阻力载荷,最佳肌肉用力,及产生力、力矩和功率的能力。不同生物力学因素(内力与外力因素)相互作用产生力、力矩和肌肉功,以克服骑行阻力以获得好的骑行成绩^[6,7]。



功率自行车(ergometer)及改造过的功率自行车或标准比赛用车是研究骑行的常用仪器。实验过程通常涉及对外部力学因素的控制,即可描述为运动学和动力学变量的改变对骑行成绩的影响。就目前的描述性研究中,测量和记录运动学及动力学变量改变主要使用高速摄影和摄像、肌电及脚蹬上安装力传感器等。这些研究一方面能提供关于内部力学变量的信息,对运动员骑行成绩的因素作出解释。另一方面通过控制外部力学变量对骑行成绩产生影响,其结果常常为骑行提供现实又实用的信息。本文拟将国内外关于影响自行车骑行效率的文献综述如下。

1. 自选频率与能量节省化

人们对节律性运动,尤其对低等脊椎动物和无脊椎动物节律性运动的神经生理学知识已经有了较多的了解,而对人类神经肌肉系统如何决定、控制周期性运动的距离与节律方面的了解却相对地较少。由于自行车运动员在骑行过程中踏蹬频率(节律)可自由决定或选择,因而直觉告诉人们在次最大强度下稳定骑行时,是否存在适宜的频率从而确保完成给定任务时所需能耗最小。

Seabury等(1977)^[8]发现,两名专业长跑运动员和一名健身骑行者,在输出功率分别是80W、163W和196W时,对应的最经济频率分别为44rpm、54rpm和58rpm(转/分)。Hagberg(1981)^[9]设计了一个关键性研究,让有经验的骑手在一个有动力驱动的踏车上蹬自行车,车速从20km/小时开始,然后逐渐增加,事先允许对象自选踏蹬频率,接着在高于或低于自选频率值范围内各取两个值进行骑行实验。实验结果表明所有对象自选频率均值为91rpm,而氧耗、血乳酸等数值在频率为70rpm时最小。该值只略高于无骑车经验或纯娱乐性骑车者(一般在50—60rpm)。Hagberg的研究结论是自选频率并不是氧耗最小的频率,即使是训练多年且骑行经验丰富的优秀车手也不能率先选取更适宜的踏蹬频