

国家体育总局备战奥运会重点科研攻关课题

(立项批准号：03024)

优秀游泳运动员力量训练阶段 生理生化指标的评价及机制

黄文聪 著

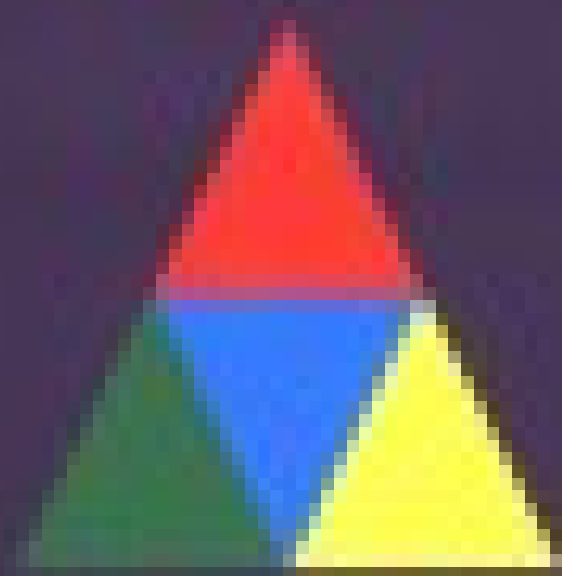


北京体育大学出版社

中国游泳协会游泳竞赛裁判法(2014版)教练员培训教材
中国游泳协会 编

优秀游泳运动员力量训练阶段 生理生化指标的评价及控制

曹文强 编



北京体育大学出版社

国家体育总局备战奥运会重点科研攻关课题

(立项批准号: 03024)

优秀游泳运动员力量训练阶段 生理生化指标的评价及机制

黄文聪 著

北京体育大学出版社

策划编辑 梁 林
责任编辑 梁 林
审稿编辑 李 飞
责任校对 木 凡
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

优秀游泳运动员力量训练阶段生理生化指标的评价及
机制/黄文聪著. - 北京:北京体育大学出版社,
2006.11

ISBN 7-81100-652-9

I. 优… II. 黄… III. 游泳-优秀运动员-力量-
身体训练-生理生化特性-指标 IV. G861.101.423

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 120880 号

**优秀游泳运动员力量训练阶段
生理生化指标的评价及机制** 黄文聪 著

出 版 北京体育大学出版社
地 址 北京海淀区中关村北大街
邮 编 100084
发 行 新华书店总店北京发行所经销
印 刷 北京市昌平阳坊精工印刷厂
开 本 787×960 毫米 1/16
印 张 7.75

2006 年 11 月第 1 版第 1 次印刷
定 价 28.00 元(平) 48.00 元(精)
(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

摘 要

研究目的:

与游泳项目相关的力量素质好坏严重影响了游泳运动员成绩的最终表现,力量素质的提高是通过平时在专项训练中采用相关的力量训练来完成的。本研究根据运动应激适应的原理,以骨骼肌蛋白合成的适应作为着眼点,以骨骼肌细胞HSP70变化为切入点,从机体整体反应,内分泌系统的调节与适应,影响细胞变化的关键蛋白的变化三个不同层次,系统地对力量训练的效果和机制进行研究,为运动训练科学化,提高运动成绩提供理论依据。

研究方法:

本研究分为人体试验和动物实验。

人体试验分成两部分:(1)连续监测10名(男女各5名)国家队一线重点队员在两个不同训练阶段的机能指标变化,并与他们的训练安排相结合,具体分析量与强度对机能影响的关系,特别是对反映系统水平应激的相关血液激素水平的影响。测试的指标包括:Bl_a, T, C, T/C和IGF-I。(2)连续追踪观测6名国家队二线队员在进行一段以力量训练为主的阶段训练后,力量素质、身体成份和其他机能指标的变化,观测力量训练对人体整体水平应激反应的影响。测试的指标包括:T, C, T/C, IGF-I, 膝关节和肩关节等动力量测试指标,体重和肌肉重量等身体成份测试指标。

动物实验目的是建立力量训练模型,系统研究力量训练对大鼠机体整体水平、系统水平和分子水平的应激反应的影响。分为两部分:(1)模拟力量训练对大鼠整体机能及血清相关激素水平的影响。40只雄性SD大鼠随机分成安静对照组(CG),无负重游泳组(FG),负重5%体重游泳组(5%G),负重10%体重游泳组(10%G)和负重15%体重游泳组(15%G)。运动组进行4周训练,每周6天:所有负重组游泳时间均为38分钟,分为5组,每组6分钟,间歇2分钟:负重5%体重游泳组尾部悬挂相当于体重5%的重量游泳训练4周;负重10%

体重游泳组第一周负重 5% 体重训练, 后三周负重 10%; 负重 15% 体重游泳组第一周负重 5% 体重, 第二周负重 10%, 第三、第四周负重 15%。训练前和训练过程中的每周第一天都对大鼠进行称重, 并根据体重确定负重运动组的负荷大小。而无负重组持续游 90 分钟。观测大鼠机体对模拟力量训练做出的整体水平和系统水平的应激反应。测试指标: 大鼠运动状况、身体重量、最大负重、相对力量比值、股四头肌肌肉重量、股四头肌肌肉蛋白含量、T、C、和 IGF - I。(2) 模拟力量训练对大鼠骨骼肌 HSP70 表达和脂质过氧化的影响。动物来源和训练方案同上, 观察不同负荷力量训练以及持续无负重游泳训练对大鼠骨骼肌分子水平应激反应的影响, 并探讨分子水平应激反应与骨骼肌整体反应的相互关系。测试指标: 股四头肌 MDA 含量、SOD 活性、HSP70 含量。

结 论:

(1) 游泳运动员在经过力量训练阶段后, 在机体肌力明显增长的同时, 体重也呈现一种增加趋势, 而且这种体重的增长主要是以肌肉重量的增长实现的; 动物实验表明, 这种增长表现在参与训练的主要肌群选择性的肥大上, 而且这种肌肉重量的增加不是由其单位蛋白含量增加所造成的。

(2) 适宜的力量运动训练能引起机体血清睾酮安静时水平的提升, 无论男女都是如此。动物实验表明, 在适宜范围内, 血睾酮水平的提升随着强度的增大而变得更明显, 但过度的力量训练会造成血睾酮水平的下降; 同样, 无论是持续性训练还是力量训练都能造成男女性血清 IGF - I 的上升, 但这种变化与血睾酮值并不明显, 提示 IGF - I 在运动应激应答的作用没有睾酮大。而过度的力量训练也会造成血清 IGF - I 水平的下降。

(3) 力量训练也能造成机体血清皮质醇(酮)水平的上升。动物实验表明, 过度的力量训练使血清皮质醇(酮)持续处于高水平, C 值变化反映了应机体适应程度。

(4) 力量训练使合成代谢与分解代谢激素比值上升, 机体内合成代谢与分解代谢的平衡状态向以合成代谢为主的方向转变, 而过度的力量训练会使代谢平衡发生向分解代谢为主的方向逆转。

(5) 力量训练使大鼠骨骼肌 HSP70 表达呈升高趋势, 且依赖强度的诱导; 而且 HSP70 表达有一定的高位平台期。过度力量训练使大鼠骨骼肌 HSP70 含量显著性下降, 其原因还需进一步研究。

(6) 力量造成骨骼肌 MDA 水平的显著性提高, 且依赖负荷的诱导, 而对 SOD 影响并不明显。并提示: 过度力量训练使骨骼肌脂质过氧化程度急剧升高,

抗氧化酶活性的减弱可能是一个重要的原因。

(7) 骨骼肌 HSP70 水平和脂质过氧化程度变化趋势的存在显著性负相关, 提示: HSP70 抑制骨骼肌的脂质过氧化水平, 并在平台时期, 把脂质过氧化增加过程控制在相对和缓的状态, 当训练强度突破平台期强度时, 就会出现 HSP70 含量的急剧下降和脂质过氧化水平的突增。

综上所述, 力量训练中骨骼肌产生适应可能的模型结构: 力量训练的方式和安排, 使机体的激素生成发生改变, 机体内合成代谢与分解代谢的平衡状态向以内合成代谢为主的方向转变, 配合着肌细胞的专门代谢物和自身保护机制 (HSP70) 的变化相互作用来实现骨骼肌蛋白合成适应的形成, 其中包括结构蛋白和酶蛋白的适应, 加上神经肌肉系统的适应在内的骨骼肌其他适应, 在整体上就表现出骨骼肌纤维增粗和运动能力 (力量) 的增强。

关键词: 游泳项目, 力量训练, 运动应激, 适应, 整体反应, 激素调节, 热应激蛋白 70, 脂质过氧化

Abstract

Objective:

Muscle strength is a major component influencing sports performance, especially for swim event. So it is important for swimming athletes to develop their specific strength qualities. Basing on the new stress theory, focusing the synthesizing adaptation of skeletal muscle protein, a systematic study was carries out to observer the hormones changing and HSP70 response on the body response. It was from a new angel in this study that the causes of strength training - induced the strength qualities development.

Subject and Methods

The research included human body test and animal test.

There are two part of human body test: (1) The Relationship of Exercise Loads and Serum Hormones Change of Elite Swimming Athletes in Different Training Phase. Ten elite Swimming Athletes of Chinese nation swimming team, including 5 males and 5 females, engaged in the train. Test indexes: BL_a, T, C, T/C and IGF - I. (2) Study on the Changes of Swimming Athletes Body Composition and Strength quality in Strength Training phase. Six Swimming Athletes of Chinese nation swimming team, including 4males and 2 females, engaged in the train. Test indexes: T, C, T/C, IGF - I, isokinetic strength of shoulder joint and knee joint, and body component.

The purpose of animal test was to establish the strength training models of rats, research the rats body stress response to strength training from whole body phase, systematic phase and cell phase, which can be divided 2 parts: (1) Changes of Rats body function and Serum T, C and IGF - I in Strength Training. Forty Sprague - Dawley (SD) rats were randomly as - signed to control group (CG) and exercise group which was further divided into swimming without load group (FG), swimming with loading 5% body weight group (5% G), swimming with loading 10% BW group (5% G) and swimming with loading 15% BW group (15% G).

There were 8 rats in each group. Exercise groups were trained in a basin with water. The train lasted 4 weeks, and 6 days a week. The time, which all the groups with load swam, is 38 minutes. And the 38mins training period was divided 5 stages, which contented 6mins, and the interval was 2mins; 5% G with 5% BW load attaching to rats tail root trained 4weeks; 10% G with 5% load in the first week, and 10% load in last 3weeks; 15% G with 5% load in the first week, 10% load in the second week and 15% in last 2weeks. The time that the rats of FG swam is 90 minutes. Test indexes: Rats exercise station, body weight, value of the most loads, relative strength ratio, weight of rats' thigh quadriceps muscle, protein content of rats' thigh quadriceps muscle, T, C, IGF - I. (2) Changes of Rats Skeletal Muscle Hsp70 Express and Lipox in Strength Training. Test indexes: MDA content, SOD level, Hsp70 content of rats' thigh quadriceps muscle.

Conclusion

(1) In strength training, the muscle strength and power increased obviously. And body weight increased, which caused by the increase of the muscle weight, and embodied in skeletal muscle selective hyperplasia, which had no obvious effect on the skeletal muscle protein.

(2) Body serum anabolism hormones including T and IGF - 1 increased in adequate strength training, which depended on the exercise intensity, while decreased in over - load strength training. And IGF - I level didn't change obviously compared with T, which seem to indicate that the effect of IGF - I response to sports stress was low than T.

(3) Body serum catabolism hormone (C) increased in strength training, and settled in a high level in over - load strength training, which indicated that the alters of serum C could reflect the body adaptation to the stress.

(4) In strength training, the ratio of anabolism hormones and catabolism hormone increases, this means anabolism dominating in the body, while catabolism hormone will dominate in over - load strength training.

(5) In strength training, rats' skeletal muscle Hsp70 increased. The improvement of Hsp70 level depended on the exercise intensity, and there was a platform stage in the improvement of Hsp70 level. And rats skeletal muscle Hsp70 express decreased in over - load strength training. The reason need more research.

(6) Rats' skeletal muscle MDA content increased significantly in strength training, which induced by exercise intensity, while SOD level s didn't change obviously. It suggests: In over - load strength training, skeletal muscles' lipox level increases acutely, and anti -

oxidation enzyme's decrease may be an important reason.

(7) There was a negative correlation between skeletal muscle Hsp70 expression and lipox, which increased when exercise intensity increased. It suggests that the tissue Hsp70 expression increases with sports stress intensity increases, and controls the lipox degree in a meek condition before the end of platform stage. The Hsp70 expression decreases and lipox increases significantly when exercise intensity exceeds the limit intensity of platform stage.

In conclusion, the research constructs a relationship between strength training and skeletal muscle adaptation: In strength training, the secreting hormones secreting changes and anabolism will dominate in the body. Cooperating with the special metabolizing products of skeletal muscle cell (such as leucine and isoleucine) and self-defending mechanism (HSP70), which promotes skeletal muscle protein including constructive protein and enzyme protein synthesized adaptation. The skeletal muscle fibers become thick, and sport function (strength) of them increases.

Key Words: Swim event, the Strength Training, Sports Stress, Adaptation, Whole Body Response, Regulation of Hormones, Heat Shock Protein 70, Lipid Peroxidation

缩 略 词

ACTH	Adrenal Corticotropic Hormone	促肾上腺皮质激素
BLa	Blood Lactic Acid	血乳酸
C	Cortisol	皮质醇
CRH	Corticotropin - releasing Hormone	促肾上腺皮质激素释放激素
FSH	Follicle - stimulating Hormone	卵泡刺激素
HSP70	Heat Shock Protein 70	热休克蛋白 70
GH	Growth Hormone	生长激素
GRH	Growth - releasing Hormone	促生长激素
GnRH	Gonadotropin - releasing Hormone	促性腺激素释放激素
IGF - I	Insulin Growth Factor - I	胰岛素样生长因子 1
LH	Luteinizing Hormone	黄体生成素
MDA	Malonaldehyde	丙二醛
PT	Peak Torque	峰力矩
PT/BW	Peak Torque to Body Weight Ratio	峰力矩体重比
SOD	Superoxide Dismutase	超氧化物歧化酶
T	Testosterone	睾酮



作者简介

黄文聪，男，1973年7月出生。1996年毕业于北京体育大学生物科学系，1998~2000年在北京体育大学运动人体科学学院学习，获教育学硕士学位。2002年再次考入北京体育大学运动人体科学学院，2005年获博士学位。

长期从事运动员机能评定及康复措施的研究，近年来主要从事运动训练方法与机制的研究。先后主持广西科技厅课题“超常训练的药械多元组合系统康复研究”，体育局课题“广西田径队男短组、女柔队、散打队九运会科技攻关研究”等，2001年获广西体育总局颁发的科技服务贡献一等奖。作为主要参加人员，参与国家体育总局课题“我国优秀游泳运动员专项力量素质训练手段的研究与应用”。发表论文10篇，各有一篇论文入选第六届和第七届全国科学大会。

现任教于哈尔滨工程大学体育军事训练部，副教授，硕士导师，承担本科生和研究生的教学任务。

序

科学的进步是建立在无数严谨求实的实验观察基础上的，是建立在以往研究积累的基础上的，是多学科知识融合的结果，是众多科研工作者智慧的结晶。体育科学也不例外。

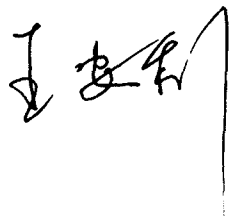
传呈已有的文化、知识，探索未知的世界，解决实践中不断出现的新问题是每一位科研工作者的责任和义务。

黄文聪同志在博士学习期间，努力学习，学以致用。在完成博士论文工作时，以国家游泳队优秀运动员为实验对象，对优秀运动员力量训练阶段生理生化指标的评价及机制进行了较系统的探讨。

该研究根据运动应激与适应的原理，以分析观察骨骼肌蛋白合成的适应为着眼点，以分析观察骨骼肌细胞 HSP70 的变化为切入点，对机体整体反应、内分泌系统的调节适应，以及影响细胞功能的关键蛋白的变化三个不同的层面的问题进行了有益的研究探索，试图为科学训练、提高运动成绩提供理论支持和指导。

一年前，文聪顺利的通过了论文答辩，走上了工作岗位。以博士论文为基础，经过了一段时间的修订、整理、完善，作为个人的专著，这本书就要出版了。对于浩如烟海的体育科学研究而言，这本书只是一朵小小的浪花，但她毕竟是一次探索，毕竟是一点积累。

文聪是我的学生，是体育科研队伍中的新兵，但文聪对体育科学研究热情和执着令人钦佩，我很荣幸为学生的专著作序。籍该书出版之际，顺祝文聪取得更多的成就。



摘 要 (1)

Abstract (4)

缩略词 (7)

1 前 言

1.1 研究背景及研究意义 (2)

1.2 研究内容及总体思路 (3)

2 人体试验 I 优秀游泳运动员不同训练阶段负荷安 排及血清激素水平的变化

2.1 试验对象与方法 (6)

2.2 结果与分析 (8)

2.3 讨 论 (16)

2.4 小 结 (20)

3 人体试验 II 游泳项目力量训练阶段对游泳运动员 身体成份和力量素质影响

3.1 试验对象与方法 (24)

3.2 结果与析 (25)

3.3 讨 论 (29)

3.4 小 结 (31)



4 动物试验 I 模拟力量训练对大鼠整体机能和血清激素变化的影响

4.1 实验动物与方法	(34)
4.2 结果与分析	(37)
4.3 讨 论	(43)
4.4 小 结	(45)

5 动物试验 II 模拟力量训练对大鼠骨骼肌 Hsp70 应答及其脂质过氧化的影响

5.1 实验动物与方法	(48)
5.2 结果与分析	(50)
5.3 讨 论	(54)
5.4 小 结	(60)

6 全文总结

文献综述 (67)

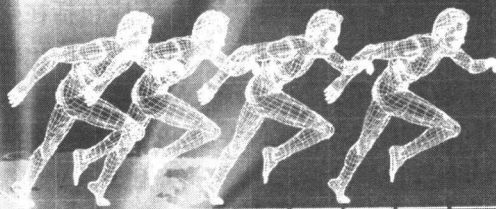
1 运动应激对 HPG 轴及睾酮的影响和适应	(67)
2 运动应激对 HPA 轴的影响和适应	(76)
3 运动应激对 GRH - SS/hGH - ICF 轴的影响和适应	(81)
4 HSP70 热耐受性获得及对运动应答的研究进展	(90)

参考文献	(98)
致 谢	(97)



1

前言



1.1 研究背景及研究意义

游泳是一项在水中进行的竞技项目，运动员需要克服人体在水中的形状阻力和摩擦力，同时凭借肢体动作同水的相互作用而尽可能地获得最大的推进力和前进速度。与游泳项目相关的力量素质好坏与游泳运动员成绩的最终表现有密切关系，力量素质的提高是通过平时在专项训练中采用相关的力量训练来完成的。在实际训练中，各种训练方法和手段是混在一起综合运用的，但在某一特定阶段中会有某种训练方法和手段所占的比例较大。力量训练为主的训练阶段与耐力有氧训练为主的阶段如何有效区分？不同训练阶段对运动员机能有何不同的影响？力量训练为主的阶段对造成运动员肌力增加的表现和机制如何？迄今尚未得到系统的研究。

指导运动训练最重要的理论基础之一是“应激理论”，应激（stress）反应是所有生物对紧张性事件的适应反应，对生物的存活具有十分重要的意义。人类的应激反应尤为精细和重要，接受或感知到环境或躯体变化，都可以引起机体发生相应的行为和生理变化。原有的应激反应的概念认为：应激反应是功能活动或损伤作用下引起的所有非特异性变化的总和。美国著名游泳教练 Councilman 将应激学说系统应用到运动训练中，应激反应的三个阶段（即动员阶段、适应阶段和衰竭阶段）是 Selye 提出的，Councilman 认为在游泳训练中也存在这些变化。

随着认识的深入，应激过程中恢复和适应的部分受到了更多的关注，并认为衰竭阶段已经是病理过程，不应包括在生理应激过程中。因而当前应激反应的概念认为：应激反应是一切日常生活中比较少见的强烈刺激所引起的反应，以及随后的生理恢复总称。现代应激学说理论认为生理应激包括三部分：（1）机体对刺激的直接反应及代偿性反应；（2）对刺激的部分或全适应；（3）刺激停止后机体的恢复过程。这三个部分互相交错，但需要着重强调的是适应^[79]。当前应激学说在运动训练中的应用，主要是从运动时身体机能变化中的神经-内分泌-免疫系统关系来分析运动训练和身体相适应的关系。虽然应激学说更多的是从系统水平的调节入手，但最后必然在整体水平上，在为运动训练提高运动能力的平台上与超代偿规律结合^[86]。

运动训练对身体的适应过程包括各器官、系统及其调节机理，而细胞适应是器官水平的基础。骨骼肌细胞是完成运动的基本单位，故不同的运动都可以引起