

现代专项训练与实战案例指导丛书
北京市教育委员会科研共建项目

游泳运动科学训练与监控

陆一帆 方子龙 张亚东 主编

北京体育大学出版社

游泳运动科学训练与监控

陆一帆 方子龙 张亚东 主编

北京体育大学出版社

策划编辑 汪 蕾
责任编辑 张清垣
审稿编辑 熊西北
责任校对 文华工作室
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

游泳运动科学训练与监控/陆一帆,方子龙,张亚东主编. - 北京:北京体育大学出版社,2007.3
ISBN 978-7-81100-691-9

I. 游… II. ①陆…②方…③张… III. 游泳-运动
训练-研究 IV. G861.102

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 019684 号

游泳运动科学训练与监控

陆一帆 方子龙 张亚东 主编

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
刷 厂	北京市昌平阳坊精工印刷厂
开 本	787×960 毫米 1/16
印 张	14

2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 30.00 元

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

编 委 会

主 编：杨 桦 池 建

副主编：王凯珍 蔡有志

编 委（以姓氏笔画为序）：

方子龙 冯炜权 米 靖

陆一帆 张亚东 张 勇

严 翊 苗向军 胡 斌

高维纬 谢敏豪

前 言

此书是我们多年游泳科研实践的一些总结及对国外优秀运动实践文献的归纳，基本上可以反映目前游泳训练中的一些科研理论与实际操作中的重点看法及观点。在体育生物科研过程中，难以评价具体的手段和方法的正确与错误，必须结合运动实践以及高度个性化特征进行辩证思考。对于游泳训练中的基本规律问题，我们的认识仍存在大量的迷惑，需要不断地总结和分析。

此书的完成，是众多科研人员共同努力的结果。彭朋同志花费了大量的精力和时间对书稿进行最终的修订，徐刚、闫会萍、李飞霏、韩丽娟、黄文聪、李瑞杰、张大超等同志做了大量的文字工作，在此一并表示感谢。

陆一帆

2006 年 9 月

目 录

第一章 游泳科学训练的理论基础	(1)
第一节 游泳训练的生理适应观	(3)
第二节 全面发展观	(18)
第三节 阶段评价观	(29)
第四节 高技术辅助观	(39)
第二章 游泳训练的控制	(43)
第一节 乳酸训练	(44)
第二节 心率训练	(56)
第三节 游泳训练的日常监控	(59)
第三章 科学训练的计划安排	(64)
第一节 训练计划中涉及到的训练理论	(64)
第二节 建立训练模式和训练系统	(74)
第三节 训练手段的合理安排	(81)
第四章 游泳运动员的营养补充	(87)
第一节 游泳运动员营养的基本要求	(87)
第二节 游泳运动员的营养需要	(90)
第三节 游泳运动员常用营养生化补剂	(113)

第五章 游泳运动员专项力量训练	(118)
第一节 专项力量理论	(119)
第二节 对专项力量理论的研究	(122)
第三节 力量训练的可操作实践	(135)
 第六章 游泳运动员的高原训练	 (142)
第一节 游泳运动员高原训练的科学化分析	(143)
第二节 游泳运动员高原训练的训练学安排	(156)
第三节 游泳运动员高原训练的科学监控	(173)
第四节 游泳运动员上高原前的筛选	(182)
 第七章 优秀游泳运动员的形态特征	 (184)
第一节 2000 年以后我国优秀游泳运动员的整体形态特征	(185)
第二节 1996 年以来我国参加奥运会选手的身体形态特征	(188)
第三节 我国优秀游泳运动员各专项的身体形态特征	(190)

第一章 游泳科学训练的理论基础

游泳运动成绩取决于体能和技术两部分，体能是基础，技术是保障，技术训练和体能训练是相辅相成、缺一不可的。游泳是处在水这一特殊的环境，游泳并非人的本能，人要象鱼一样在水中游动，必须掌握游泳技术。俄罗斯的科研人员把游泳称为“是一项以生物力学与生理相结合的运动”。训练的强度、数量、间隙时间、时间多少都要取决于个体的性质，训练强度过高，数量过多，破坏了个体的整合状态，反而对成绩产生负面影响。

多年以来，游泳教练员认为要提高速度，就要提高训练量，增强力量，因此花费大量的精力，增加运动量，尝试各种力量训练的方法，开始时效果不错，可到达一定数量后，效果并不显著。有些教练看到国外部分优秀运动员完成的训练强度很高，认为我们的差距就在强度。从表面上看我们的差距是强度，但这些运动员大都具有出众的技术。实际上，我们的差距是保持正确身体能力。

生理必须与生物力学相结合，生理才能产生积极影响。例如，当青少年运动员在生长发育阶段，骨骼生长得很快，肌肉生长跟不上骨骼生长，此时如果不加强力量训练，就会影响正确技术。又如有些世界优秀成年游泳运动员很重视力量训练，这些力量训练的目的在于保证在高强度训练中技术的正确性，以及防止伤病。

正是通过科学研究和运动实践，训练方法不断革新和创新，才使得游泳成绩不断提高，游泳新纪录不断涌现。游泳运动发展的经验表明：随着科学技术的发展进步，游泳运动员的训练方法每隔 10 ~ 12 年就周期性地发生一次重大变革。每次变革都与科学技术的发展以及人们对流体与肢体动作之间的相互作用的认知或规则的变更有很大的关系。



可见，每一个训练理论的诞生和发展，都会对原有的训练观念形成巨大的挑战，并能够在一定时期内影响和带动游泳运动及专项训练水平的提高。因此，对于游泳运动训练理论及方法进行不断的思考和研究，将有助于对过去一段时间内游泳运动训练的情况进行回顾和总结，同时，也将有助于推动游泳运动训练的科学化进程。

我国在开展游泳训练理论研究方面起步较晚。20 世纪 80 年代以前，我们几乎没有系统全面地开展过关于游泳训练理论方面的工作，只是借鉴了当时其他先进国家的训练理论和方法来指导国内优秀游泳运动员的训练。由于没有完备的训练理论作为基础，再加上国内大环境的影响，我国的游泳运动水平在 60 年代以后逐渐下降，并拉大了与世界游泳运动水平的差距。改革开放以后，游泳界在 80 年代初进行了一系列的改革，通过“走出去，请进来”，吸收国外先进经验，初步形成了具有我国游泳运动训练特色的主要训练理论观点和指导思想，并迅速把这些理念溶入运动实践当中，为当时我国游泳运动成绩快速恢复和提高做出了应有的贡献。

从近些年的发展历程来看，我国在游泳训练方面也形成了很多新的思路，同时也遇到很多新的问题。面对目前国外游泳运动水平在短短几年内的迅猛提高，我们意识到理论研究的迫切性和重要性。特别是在总结和发展具有专项特点的训练理论方面更是具有现实意义。因此，我们有幸能够承担这项艰巨的工作，也深感责任的重大。

优秀游泳运动员的训练的安排问题是一门艺术，远非本文所能涵盖。目前我们尚没有形成一套完整的具有可靠科学原理和技术结构证明的成功的游泳技术训练的理论体系。游泳运动训练生理生化监控需要加强与运动生物力学、运动心理学、运动医务监督等的合作。运动员作为一个由细胞组成的复杂巨系统，其某一子系统（方面）的改变都可能是另外子系统改变的原因与结果。运动生理生化与运动生物力学、运动心理学、运动医务监督是一线游泳运动训练的不同方面，运动生物力学从运动员动作技术角度进行运动训练的技术优化，运动心理学从运动员



心理状态角度进行运动训练的恢复等，运动医学监督从运动员疾病防治角度进行运动训练计划的正常实施。

第一节 游泳训练的生理适应观

不同形式和方法的训练产生的生理适应性不同，例如：在短距离训练中，肌肉要承受强度负荷，就好像是要提起重物；在耐力训练中，肌肉承受耐力负荷。耐力和速度成绩不会被同一种训练提高或限制，大多数的运动训练科学都涉及确定限制因素，并且现在已经发现了很多什么是最重要的。

每种训练方法都是专项训练刺激与适应的综合，也就是说每种训练都对机体引起不同的刺激和适应，最好的例子就是最大力量的训练。力量训练可以增强肌肉力量，但不会提高肌肉耐力和收缩速度。这种原则同样也适用于不同距离的游泳运动，长距离游泳运动员与短距离游泳运动员的训练方法肯定不一样，前者主要侧重于耐力训练，后者主要侧重于强度训练。通常，所有运动员都要进行各种训练，这似乎与专项训练相矛盾，但这是游泳运动本身的反映，因为很少有运动员仅仅只参加短距离或长距离的比赛。

训练研究者把机体对刺激的适应分为两种：全身性的和局部的适应。例如，任何耐力运动，不论是游泳、长跑还是自行车，都会提高整个心血管系统的能力；但跑步和自行车不会提高与游泳有关的神经肌肉耐受力。通常，运动训练学把全身适应和局部适应定义为一般适应和特殊适应，而这些又被分为力量、耐力、速度的一般适应和特殊适应。其中耐力训练又可分为有氧耐力、乳酸耐受力和速度耐力训练；力量训练分为绝对力量（最大力量）、力量耐力和速度耐力（爆发力）训练。

1. 耐力训练的生理适应性

在游泳比赛中，对特殊性的最佳理解就是搞清楚不同的长距离训练

对机体的生理作用。方法的不同以及他们的特殊作用是根据训练中无氧与有氧的供能比以及训练的累计效应来界定的。

1.1 长距离训练

定义：持续游很长的距离，像 400 米、800 米、1500 米甚至更长的距离。

有氧和无氧供能百分比：70 ~ 95% 有氧，30 ~ 5% 无氧。

生理变化：这种训练对氧运输系统的要求很多，机体的适应有：心输出量和每搏输出量增加；安静时心率减慢；肺从空气中摄氧的能力提高；肝脏和肌肉储备糖原的能力提高；肌肉中功能毛细血管的数量增加；肌纤维中线粒体的数量、体积和组成增加。

1.2 间歇训练

定义：以较低和中等强度训练，中间有较短时间的休息，像 15 个 100 米游，每两次之间休息 10 秒钟。

有氧和无氧供能百分比：55 ~ 85% 有氧，45 ~ 15% 无氧。

生理变化：这种训练引起机体的变化，与上面提到的长距离训练相似，但与后面将提到的重复训练的作用有较大的差别。这种训练与长距离训练相比的一个好处是，间歇时有很多可用于下一个训练的 ATP、CP 再合成，提高了机体氧化乳酸的能力，而乳酸的及时清除可以防止它的堆积，这有助于提高工作能力。乳酸阈（血乳酸，无氧供能的开始）被看作是机体耐酸能力的一个评价点，乳酸的氧化是根据负荷量和氧气量进行的。所以，与持续训练相比，间歇训练的强度再大、引起的乳酸再多，也不会造成乳酸的堆积。在间歇休息中，前一次训练的氧债补（上次训练中不足的氧的补充）可以帮助机体恢复体温、平衡儿茶酚胺水平、帮助脂肪酸氧化、再储备心脏和呼吸系统中的氧气、再氧化肌红蛋白等等。

1.3 重复训练

定义：次大和最大强度训练，较长间歇休息，像 4 个接近最大速度的 150 米游，每次间歇休息 5 ~ 10 分钟。



有氧和无氧供能百分比：30 ~ 50% 有氧，70 ~ 50% 无氧。

生理变化：这种训练中大部分的 ATP 来源于糖酵解过程。而糖酵解所需的酶也存在于肌细胞中。随着训练的进行，肌细胞中糖原和催化剂的储备明显增加。这可能是重复训练引起的机体的最主要的适应。据猜测，这种训练中高浓度的乳酸可能是机体氧合和氧运输增强的刺激因素，因此，引起了功能毛细血管的增多、线粒体数量和质量提高以及血液生化的良性变化等等。

1.4 爆发训练

定义：短距离冲刺游，像 10 个 25 米全速游，每次间歇休息 20 秒 ~ 2 分钟 ~ 5 分钟不等。休息中，大约前一次所消耗的 ATP、PC 的 80 ~ 90% 可以得到恢复。

有氧和无氧供能百分比：85% 无氧，15% 有氧。

生理变化：这种训练提高了神经肌肉的协调性，从而使肌肉收缩速度增加。肌肉中的磷酸盐水平有可能提高，因此运动员可以以最大速度游更长时间。

以上 4 种训练方法的分开定义，并不意味着它们不可被综合应用。像中速间歇训练（15 个 100 米，30 秒间歇休息）的无氧功能比大于间歇训练，但又低于重复训练，是一个很好的综合应用的范例。4 种训练方法以及它们的变化和联合都以肌肉中保持较高水平的 ATP 为基础，以有氧形式产生的 ATP 越多，训练方法越好。任何能提高氧气的运输和利用、机体的耐酸力增强的训练都是对运动员有益的训练。

2. 力量训练的生理适应性

力量训练引起的生理适应与中间代谢关系不大，主要是骨骼肌和神经方面的适应。

2.1 骨骼肌适应性

力量训练引起的最主要的良性变化是肌肉中收缩物质的增加，主要是收缩蛋白的增加，使得肌细胞肥大，表现为肌组织的肥大、肌肉体积



增加。同时,肌肉的收缩力和张力增强。除此之外,力量训练还引起了肌肉中连接组织的增多,从而使肌肉以及它的连接组织的牢固性增强,还使肌肉附着处的骨骼更加坚固。

强调爆发力发展的力量训练,对肌肉中的非收缩组织或者说伸展结构的影响最大。包括肌腱、肌膜和肌细胞中其他非收缩组织。这种训练可使肌肉弹性组织增强,最终导致肌腱和其他弹性组织数量增多并更加坚固。肌肉中弹性组织增强有三方面作用:作为肌肉中收缩组织与外交负荷之间的缓冲物质,减弱运动中的外界冲击力;加强不同运动形式的快速转换,为以后收缩累积机械能;与单纯肌肉收缩蛋白收缩相比,弹性组织吸收的能量可以使肌肉产生更快的收缩速度。

2.2 神经适应性

力量训练引起的神经系统的变化主要发生在与运动相关的中枢神经系统:运动神经中枢。除中枢运动神经之外,还有外周运动神经,它由运动神经原或 α 运动神经纤维组成,主要支配肌细胞。一个 α 运动神经纤维和它所支配的肌纤维构成一个运动单位,力量训练的最主要的适应是机体在抵抗外界负荷时运动单位的影响。包括参与收缩的运动单位数量的增多、运动单位动员的速度加快、不同肌肉收缩的同步性增强及整体上提高肌肉收缩水平。

发展力量-速度或爆发力的力量训练对神经系统的反应性能的影响最大。这涉及到神经系统不随意成分之间的协调作用,包括某些伸展活动及其对随意运动的直接影响。通过训练,神经系统能力的提高可以加快肌肉紧张以及收缩速度。这些是通过大量运动单位的补充,以及对运动单位的高频刺激的快速转换来实现的,尤其是在运动的初始阶段。

3. 生物时间的应激及其适应性

目前,有关不同训练方法的刺激及其身体对它的适应这方面还不是很明确,但同等重要的是刺激和适应怎样在时间上的表现。我们把研究时间对生命系统影响的科学称为时间生物学,而这个用语首先出现在生

理周期的研究中。在运动训练中，它同样扮演着重要的角色，这就要求训练要选择最佳时期，以使机体对训练和比赛的刺激产生最好的适应。

大多有关刺激和适应在时间上的表现的理论都是从 Hans Selye 的理论上发展而来的。从对动物施加负荷的试验中，Selye 发现机体对刺激的时间反应是一个可预期的综合症，被他称之为一种模式，即后来的机体一般适应模式。一般适应模式中把机体对刺激的适应描述为 3 个阶段：

(A) 警觉反应：机体对外界刺激的初始反应。此时，它的应激被减弱，如果刺激因素足够强的话——严重烧伤、极端温度，将可能导致死亡；

(B) 抵抗阶段：如果刺激与适应相一致，应激将继续。身体警觉反应的标志性特点消失，应激水平上升并超过正常值；

(C) 耗竭阶段：长期的同种刺激，机体逐步适应，最终适应完成。警觉反应再次出现，但是这次是不可逆的，机体死亡。具体见图 1-1。

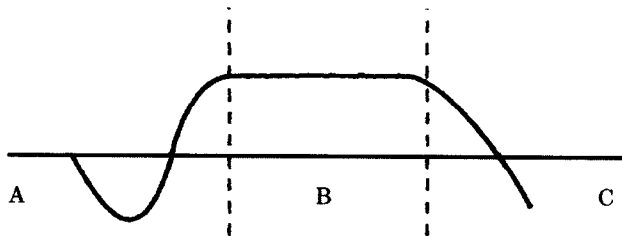
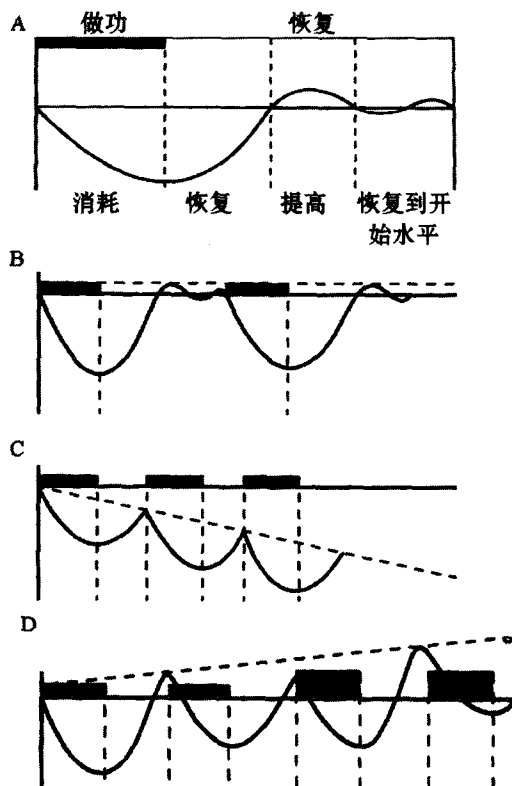


图 1-1 机体对应激一般适应的三个发展阶段

3.1 适应模式

最初的模式包括 Yakovlev (1967) 提出的超量补偿适应 (图 1-2) 和 Counsilman (1968) 提出的高级适应 (图 1-3)。两种模式基本上与 Selye 模式相似，但有关训练在适应过程中的作用的观点不同。这种不同产生了两种如何施加负荷的建议：



- A. 训练和休息时警觉反应的水平。
- B. 成绩变化阶段训练中的机能潜能。a 负荷对机体不再构成刺激时进行同样的训练，机能水平保持不变；b 前次训练的遗留效果消失，进行重复训练，机能水平没有变化。
- C. 如果训练重复出现在机体未完全恢复，机能水平将下降。
- D. 如果每次训练在前一次的超量恢复阶段，随着负荷量的逐渐增加，机体机能水平也将逐渐升高。

图 1-2 Yakovlev 的刺激和适应模式

Yakovlev 和 Counsilman 模式均赞同 Selye 基础理论方面。都认为对物理负荷的反应与警觉反应是一致的，并以工作能力下降或疲劳发生的形式出现。但是与 Selye 和 Counsilman 不同的是，Yakovlev 认为适应的

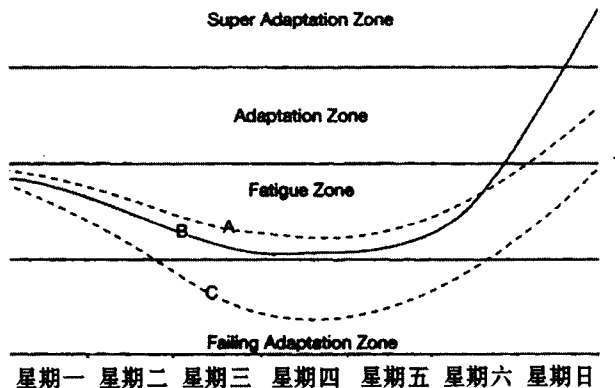


图 1-3 Counsilman 的刺激和适应模式

发生（应激的增加）仅在负荷或刺激撤除之后；机体从疲劳中恢复，并在恢复之后产生超量补偿，机体工作能力超过原始水平；Yakovlev 建议这期间要增加负荷，要不然将产生退化，适应最终逆转。这就引出了理论：适应的发生是一个有次序的循环状态：负荷 - 无负荷 - 加大的负荷 - 无负荷，形成一套训练恢复的理模式。尽管 Yaklevlev 模式将整个训练过程过分简单化并有一定程度上的误解，但他指出了“刺激产生适应”这种方法中休息或是恢复的重要性。

Yakovlev 的超量补偿模式经常被国外的运动训练文献所引用。但这个模式所产生的训练方法需要解释一下。Yakovlev 模式是在对单一负荷的研究上建立的，单一负荷是指仅仅发展机体某一方面能力的负荷。这就像专项训练，仅仅影响了所练部分的机能，而对其它的没有作用。这种单一模式产生了训练多方法体系，建议在一种训练过程中只有一种能力被刺激。

但在游泳训练中所采用的方法大多是综合训练，也就是说在一个训练过程中，可以同时训练几种能力。这种情况下，负荷是累计进行的。Counsilman 的高级适应模式是以负荷上再加负荷的理论为基础的。但在此模式中两个重要因素需要考虑：一是决定超量恢复水平的累积负荷的大小，如果负荷超过了不适应的界限，将会引起机体工作能力下降；



二是要求至少有一周的不完全恢复作为必要的刺激,为下次循环之前适应的再次发生提供条件。同样,还要考虑到连续训练过程中的累计负荷量,以防止不适应的发生。Yakovlev 指出了引发不适应的潜在因素,但他认为是恢复前又有负荷。而 Counsilman 认为,高到某一特定点,机体承受负荷时也有适应发生,并不在继续恢复,但他没有指出为完全恢复而降低负荷。

为了达到最大耐力,运动员要进行多大的负荷训练,对疲劳的忍受要到什么程度?疲劳后是休息还是继续训练?是不是应该再增加负荷量,以至于他在休息时不能恢复?是不是总要保持轻度的疲劳?这是很多中长项目的教练员所经常问到的问题,图 1-3 是 Counsilman 对此做出的解释。

A. 表明运动员周一到周五以中等强度训练,周六和周日降低负荷,身体开始恢复并超过周一的水平。

B. 表明运动员周一到周五以足够大的强度运动,使自己到了不适应的边缘,随着周六周日的负荷降低,他出现了超量恢复。

C. 表明运动员的强度过大,以至于到了不适应的阶段,即使负荷降低也未能恢复到正常水平。

为了达到超量恢复,运动员必须进行足够大强度的训练,降低负荷前应使自己到达不适应的边缘(像 B)。Matveyev 提出的模式综合了 Yakovlev 和 Counsilman 的观点,将负荷~适应循环模式解释得更加准确。他同时强调了对长期不完全恢复和训练末期超量恢复的需求,并通过在训练循环末期降低负荷来实现。

再储备或是恢复期补偿了由于负荷疲劳造成的机体工作能力的下降,引发适应的产生。由于这种现象,训练循环被称为超量补偿循环,相应的适应则被称为补偿适应。见图 1-4。

3.2 适应差异性

除了适应的循环,生物体内不同运动能力的提高速度也是不一样的,这被称之为适应的差异性。这种不同的提高速率决定了不同负荷的