

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

耐力训练监控与营养

谢敏豪 严翊 冯炜权 编著

北京体育大学出版社

耐力训练监控与营养

谢敏豪 严 翊 冯炜权 编著

北京体育大学出版社

策划编辑 汪 蕾
责任编辑 汪 蕾 李晓佳
审稿编辑 熊西北
责任校对 郭英俊
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

耐力训练监控与营养/谢敏豪,严翊,冯炜权编著. - 北京:北京体育大学出版社,2007.3
ISBN 978-7-81100-677-3

I. 耐… II. ①谢…②严…③冯… III. 耐力(体育)
- 运动训练 IV. G819

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 019686 号

耐力训练监控与营养

谢敏豪 严 翊 冯炜权 编著

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 10

2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 22.00 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

在运动训练科学化的探索中，近年来国内外对竞技运动的耐力研究成果日渐增多。在不同专项训练中实施有氧耐力和速度耐力训练的过程中，逐渐总结出耐力训练监控的科学体系和营养干预方法，本书将介绍这方面的成果，希望有助于我国正在进行竞技运动耐力训练监控的教练员、运动员和随队科研人员应用，以便加快提高我国运动员的竞技耐力和速度耐力；同时，在备战2008年北京奥运会的工作中，耐力性项目是科技攻关的重点，了解耐力训练监控的动态及其基本规律，有助于我国赶超国际水平。这是编者的期望。

从运动训练监控系统出发，本书共分五章，包括主要耐力训练方法的监控、训练负荷、恢复过程的规律和身体机能评定等；并根据实际需要增加了耐力训练的营养学问题。我们在编写过程中力求以实用为主，重点突出，对有关理论问题只作简单介绍。书中收集的各种研究成果如有疏漏，望读者指正。本书引用了许多专家的成果，在此深表谢意。

编者

目 录

第一章 耐力训练的基本知识	(1)
第一节 耐力与竞技运动	(1)
第二节 耐力训练监控的概念和内容	(9)
第二章 耐力训练方法的监控	(12)
第一节 耐力训练的监控方法	(12)
第二节 有氧耐力训练的监控	(22)
第三节 无氧耐力间歇训练监控	(38)
第四节 耐力训练的血乳酸监控	(46)
第三章 耐力训练的机能评定	(48)
第一节 耐力训练的物质代谢基础	(48)
第二节 耐力训练对机体的影响	(57)
第三节 耐力训练的应激与疲劳	(61)
第四节 耐力训练的机能评定指标	(68)
第五节 耐力训练的机能评定方法	(73)

第六节 耐力训练机能评定的注意事项	(84)
第四章 耐力训练的身体适应与恢复	(92)
第一节 耐力训练中身体调节的适应性变化	(92)
第二节 耐力训练的身体生化适应特点	(95)
第三节 耐力训练后的超代偿	(104)
第五章 耐力训练与营养干预	(108)
第一节 运动与营养素	(108)
第二节 运动员耐力训练的合理膳食营养	(122)
第三节 运动营养品	(134)
第四节 耐力训练者补充运动营养品促进恢复的方法	(140)

第一章 耐力训练的基本知识

第一节 耐力与竞技运动

一、竞技运动耐力的定义

竞技运动耐力是指运动员在完成本专项所需长时间运动能力。不同专项运动员都需求本专项的耐力，如 100 ~ 400 米跑的耐力和中长跑、超长距离跑、足球或篮球等都有它完成本专项的耐力，但要求的耐力要和本专项的竞技能力相适应，不能让短跑和马拉松运动员去练同样耐力。竞技运动耐力的训练方法、负荷要根据本专项的特点和需求而定。不要在安排耐力训练时不管本专项要求一样去跑越野跑。如马拉松跑要求保持专项所要求的强度去完成专项的耐力，而篮球运动员的专项耐力既要求强度又要求动作质量。因此，耐力训练要结合专项要求。我国曾经有过不管专项需求，认为耐力是基础，练耐力是为专项打基础的训练思想，实践证明是不符合要求的。

二、竞技运动耐力的基本内容



耐力训练的内容根据专项的要求一般分为有氧代谢耐力和无氧代谢耐力，简称有氧耐力和无氧耐力，其基本过程可概括为两个过程四个系统（表1-1）。

表1-1 无氧代谢和有氧代谢供能过程概要

代谢过程	直接供能物质	供 ATP 恢复的物质和代谢过程
运动	ATP	
无氧代谢（在细胞浆）		
磷酸原系统	ATP	CP (CP + ADP → ATP + C)
糖酵解系统	ATP	肌糖原→乳酸
有氧代谢（在线粒体）		
糖氧化系统	ATP	糖、乳酸 脂肪 氨基酸 } → CO ₂ , H ₂ O、尿素等
脂肪氧化系统		

注：ATP（三磷酸腺苷） ADP（二磷酸腺苷） CP（磷酸肌酸） C（肌酸）

第一，无氧代谢耐力基本过程即在供能代谢过程不需氧直接参与，分为两个系统。

（1）磷酸原（代谢）供能系统：运动时骨骼肌能量由体内贮能最丰富的三磷酸腺苷（ATP）直接供能和磷酸肌酸（CP）补充完成。

（2）糖酵解（代谢）供能系统：运动时能量由骨骼肌中的糖原在无氧下分解为乳酸释能供应过程。

第二，有氧代谢耐力基本过程即在供能代谢过程需氧直接参与，分为两个系统。

（1）糖（肌糖原和血葡萄糖）氧化供能系统：运动时能量由骨骼肌中的糖原和血液中葡萄糖在通过呼吸和运输到运动器官中的氧化分解为水和二氧化碳释能供应过程。



(2) 脂肪（肌细胞内和脂肪组）氧化供能系统：运动时能量由骨骼肌细胞中的脂肪和从脂肪组织（如肌间结缔组织、腹腔、皮下）运输到骨骼肌中，经氧化分解为水和二氧化碳释能供应过程。

不同运动专项在运动过程中能量的供应动员，上述几个过程的能量系统比例不同，因此，专项训练要根据本专项特点，突出专项要求，兼顾其他，举例如图 1-1。

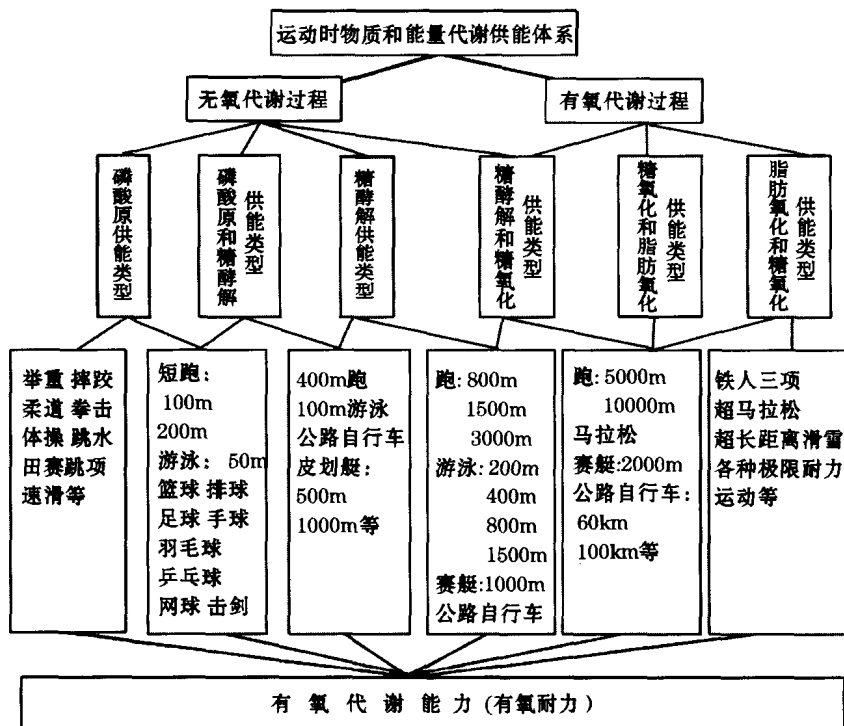


图 1-1 运动时物质和能量代谢过程和各运动项目主要特点的分布

这是一个基本的分布简图，其实在近 30 多年来运动生理学和运动医学中已经分别提出一个比较详细的主要运动项目能量分布范围，有训练时间的，也有不同专项的，这里分别列出以供参考。（表 1-2 ~ 1-5）。

表 1-2 运动员在不同时间运动时能量系统利用概况

机能系统	全力运动时间						
	<35s	35s~2min	>2~10min	>10~35min	35~90min	90~360min	>360min
心率 (次/min)		185~200	190~210	180~190	175~190	150~180	120~170
最大摄氧量 (%)	>100%	100	95~100	90~95	80~95	60~70	50~60
能量供应 (%)							
有氧代谢	<5	20	60	70	80	95	99
无氧代谢	>95	80	40	30	20	5	95
肌糖原分解%	<10	10	30	40	60	80	75
血乳酸 (mmol/L)	<10	18	20	14	8	4	2
FFA (mmol/l)		0.5	0.5	0.8	1.0	2.0	2.5

(引自: Neumann 1988)

表 1-3 不同距离自行车比赛的主要能量系统

项目	成绩	磷酸原系统	糖酵解系统	有氧氧化系统
		(%)	(%)	(%)
100km 公路	3h55min~4h10min	—	5	95
100km 场地	2h5min~2h15min	5	10	85
100km 团体计时	2h10min~2h20min	—	15	85
25 英里团体	52min~60min	5	15	80
10km 场地	20min~25min	10	20	70
4km 个人追逐	4min45sec~5min5sec	20	55	25
1km 个人计时	1min7sec~1min13sec	80	15	5
200m 争先	11sec~13sec	98	2	—

表 1-4 不同距离游泳比赛的主要能量系统

时间	常用比赛距离	磷酸原系统	糖酸原系统	有氧氧化系统
		(%)	(%)	(%)
10~20s	25~50m	78	20	2
40~60s	100m	25	35	10
1.5~2min	200m	10	65	25
3~5min	400m	7	40	53
5~6min	400m	7	38	55
7~10min	800m	5	30	65
10~12min	1000yd	4	25	70
14~18min	1500m	3	20	77
18~22min	1500m	2	18	80



表 1-5 各种运动活动及其主要能量系统

运动活动	各能量系统所占比例 (%)		
	ATP-CP 和 糖酵解系统	糖酵解系统 和有氧系统	有氧系统
棒球	80	20	—
篮球	85	15	—
击剑	90	10	—
草地曲棍球	60	20	20
足球	90	10	—
高尔夫球	95	5	—
体操	90	10	—
冰球			
a. 前锋、防卫	80	20	—
b. 守门员	95	5	—
长曲棍球			
a. 守门员, 防卫、进攻手	80	20	—
b. 中锋	60	20	20
娱乐性运动	—	5	95
划船	20	30	50
滑雪			
a. 障碍滑雪、跳、下坡	80	20	—
b. 越野滑雪	—	5	95
英式足球			
a. 守门员、边锋, 前锋	80	20	—
b. 前卫, 巡边员	60	20	20
垒球	80	20	—
游泳和潜水			
a. 50m 自由泳、潜水	98	2	—
b. 100m (各种姿势)	80	15	5
c. 200m (各种姿势)	30	65	5
d. 400m 自由泳	20	55	25
e. 1500m	10	20	70
网球	70	20	10
田径			
a. 100m	98	2	—
200m			
b. 田赛项目	90	10	—
c. 400m	80	15	5



续表

运动活动	各能量系统所占比例 (%)		
	ATP - CP 和 糖酵解系统	糖酵解系统 和有氧系统	有氧系统
d. 800m	30	65	5
e. 1500m	20	55	25
f. 2 英里	20	40	40
g. 3 英里, 5000m	10	20	70
h. 6 英里越野跑, 10000m	5	15	80
i. 马拉松	—	5	95
排球	90	10	—
摔跤	90	10	—

耐力训练监控与营养

读者自然会问, 这此材料已经提出和应用多年了, 近年有什么发展?

第一, 应用上的可靠性: 因为上述这些材料的提出, 采用单独或联合使用氧缺乏、能量利用个体效率、机械效率、基质和代谢物及数学模型等方法, Castin (2001) 从 40 多次研究结果统计分析, 各种研究方法的可信限平均值都在 95% 以内。由于运动员的专项训练水平不同, 个体差异大, 各阶段训练任务不同等, 故还不能认为哪一种方法是最准确的。因此, 目前已测出的各种运动的能量分布, 基本能反映运动员在测定期间, 运动中的能量代谢关系、项目特点和训练方法的效果。故在训练监控中, 可以根据本单位的设备条件来选定检测方法, 灵活运用。

第二, 训练过程身体机能动态性: 运动员身体机能水平提高是一个动态过程, 运动能力的提高受训练任务、方法、运动负荷合理性和运动后恢复过程的手段及营养措施等影响, 才能科学地不断提高运动水平, 对这个过程要及时监控。

第三, 有氧与无氧能力相关性: 下面分别举几个研究结果供参考。

Spencer 等 (2001) 分析 200 米、400 米、800 米和 1500 米跑的有氧和无氧能力关系中可见无氧供能逐渐达到最高水平 (图 1-2), 有氧



代谢供能逐渐增加，故要提高运动能力就需要加强有氧代谢能力的训练，这些运动项目的运动员只有加强专项有氧能力的训练才能提高运动成绩，但无氧代谢能力训练也不能因增加有氧代谢能力训练而减少。在超长距离跑或其他耐力性项目中，除了良好专项耐力外，一定要有相应的速度耐力和变速、冲刺等能力，才能适应当前比赛的要求，也要有速度耐力的无氧能力。

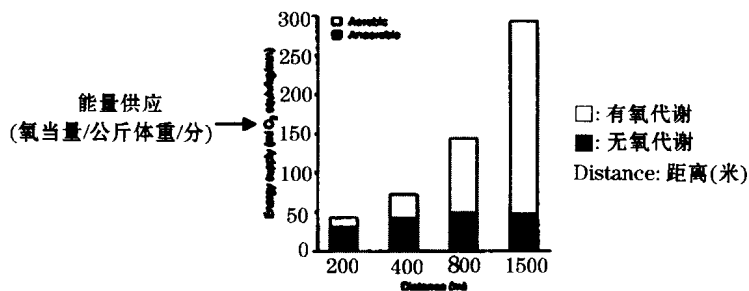


图 1-2 短跑和中跑几个项目的能量系统分布

(引自 Gastin 2001)

刘爱杰等(2002年)在《我国皮划艇科学训练的探索》一文中,关于构建皮划艇科学训练理论体系中指出“长期以来,我们对皮划艇运动项目特征认识主要是根据其比赛距离和时间,根据其能量代谢特点来考虑,认为皮划艇运动是以无氧糖酵解为主导供能的运动项目,故在训练中过分重视无氧训练,冲强度的间歇训练比例安排过大,而对长距离有氧耐力重视不足,忽视了有氧能力训练。从九运会皮划艇12个比赛项目冠军艇前后半程的时间对比来看,只有一个项保持了前后半程匀速,其他11个项目的后程速度明显下降,下降最多的一个冠军艇的后程比前程慢了22秒,从比赛中可以看出九运会前我国皮划艇运动员专项有氧耐力的训练不足,从比赛中我们还发现,九运会上取得优异成绩的广东和上海等队,其成功经验的主体就是在备战过程中大力发展了运动员的有氧能力”。因而我国皮划艇项目重新建立了专项体能的训练体系,从而使皮划艇成绩得到迅速提高,在奥运会上达到了国际水平。因



此，在训练中认识本专项有氧能力和无氧能力间关系十分重要。

早在1991年Mader在《马拉松运动员的耐力的评价和实验结果理论分析》一文中，应用运动的能量代谢理论在马拉松跑中的各种因素，分析了在马拉松跑程中有氧代谢和无氧代谢能力关系。认为在途中跑时能量供应仍属有氧代谢过程，乳酸浓度低于4mmol/L（一般说是乳酸无氧阈），具体结果为男女运动员马拉松比赛时跑速与血乳酸交叉点在2.5 mmol/L，在45分钟匀速跑时血乳酸在3.0 mmol/L水平上。因而认为低于4.0 mmol/L是马拉松训练的有氧耐力运动速度界限值（图1-3）。

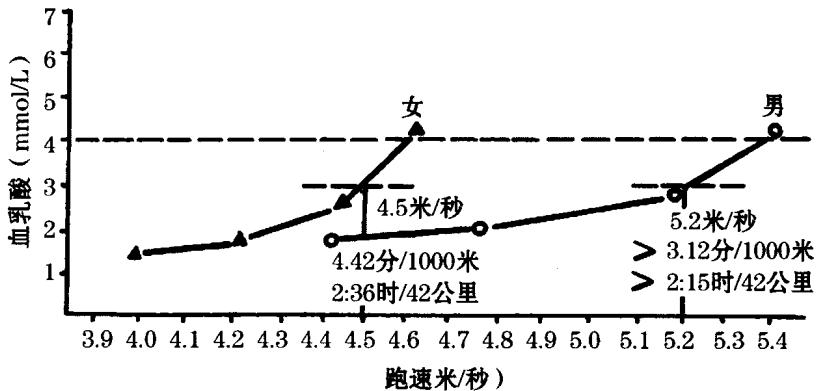


图1-3 递增强度跑台跑在达到马拉松比赛速度时

男女运动员个体乳酸曲线

(引自 Mader1991)

目前在国际上正在应用这个理论来指导耐力性项目的最大有氧能力训练，从而提出最大乳酸稳态的负荷强度训练，我们将在训练方法监控中论述。至于马拉松跑中的变速、冲刺等无氧代谢能力，在训练中应根据专项及个体无氧能力要求安排训练。

总之，各运动项目的有氧耐力和无氧耐力训练要具体分析，制定针对性的训练计划，同时在训练过程中教练员、运动员和科技服务人员要互相结合，开展训练监控，才能达到科学训练的要求。



第二节 耐力训练监控的 概念和内容

在训练中，教练员、运动员和科研人员间关系越来越密切，他们间关系应如何配合？因为在训练过程中，既有教练员也有运动员和科研教练的活动，训练内容也多，训练过程是运动能力变化的动态过程，很难直接判断或用生物学标准方法来诊断；应运用生理生化方法来说明训练目的、训练方法和负荷的科学性，以便对训练课或训练计划提出建议，这只是监控的一个方面。训练监控是应用综合手段来研究训练效果。

一、训练监控的概念

训练监控就是将运动医学、运动生物力学、心理学和生理学、生物化学等学科的理论和方法应用于训练过程中，应用综合方法和手段研究训练过程和训练效果，其最终目的就是为了帮助教练员不断调整训练计划，使运动员达到体能、心理和技术等最佳状态，从而最大限度提高训练效果和运动能力。

二、训练监控的基本内容

运动训练监控是训练过程的一个主要组成部分，它通过利用生理生化的方法和技术，测定运动训练过程中运动员体内的一些生理生化指标，以评价运动员训练时的负荷强度和量度、训练方法和手段的合理性与效果，以及机体对运动训练产生的适应信息、恢复效果等，从而帮助教练员了解训练效果，正确评价和调整训练方案。运动训练的生理生化

监控涵盖了运动训练过程前、中、后，以及动态的和静态的全方位的监控。其包含的内容见图 1-4。

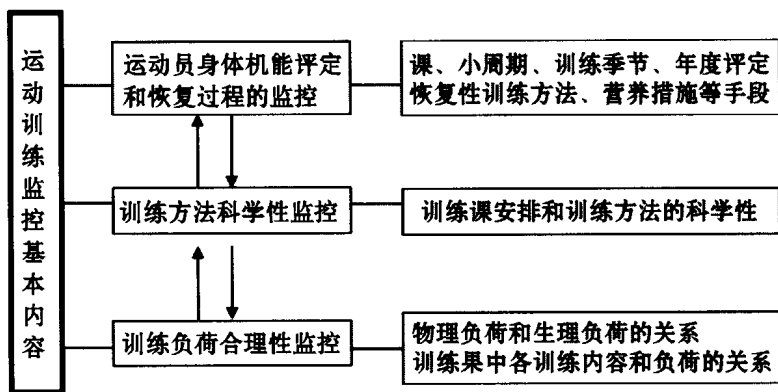


图 1-4 运动训练监控的基本内容及其关系

要在了解训练引起代谢和机能适应过程特点的基础上选择生物化学、生理学监控手段和方法，训练监控的组织者必须懂得，人体内的什么变化可以把一个普通的青少年或年轻人造就成一个能在奥运会或国际锦标赛中取得奖牌的优秀运动员。我们的任务是要建立一个系统，以获取关于每个运动员的特点、区别他们的训练任务和了解他们的独特基因型所必须的信息（图 1-5）。这些信息对改正训练方法和客观地积累训练经验达到训练目的是必需的。

据此，我们将分章讲述当前耐力训练中训练方法的监控、耐力训练的机能评定和耐力训练恢复期的营养问题。