

# 超量恢复 的运动生理研究进展

CHAOLIANG HUIFU  
DE YUNDONG SHENGLI YANJIU JINZHAN

殷 劲 蒋 丽 刘钦龙 著

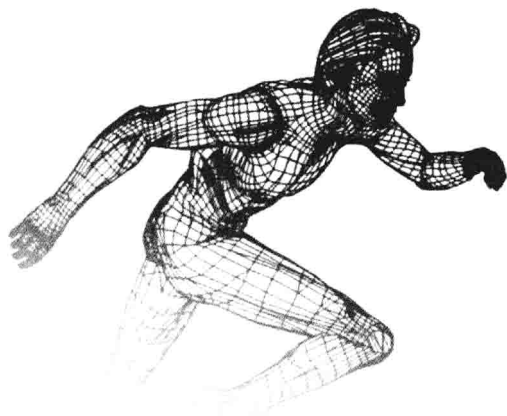


电子科技大学出版社

# 超量恢复 的运动生理研究进展

CHAOLIANG HUIFU  
DE YUNDONG SHENGLI YANJIU JINZHAN

殷 劲 蒋 丽 刘钦龙 著



图书在版编目 ( CIP ) 数据

超量恢复的运动生理研究进展/殷劲, 蒋丽, 刘钦龙著. —成都: 电子科技大学出版社, 2012.4

ISBN 978-7-5647-1134-4

I. ①超… II. ①殷… ②蒋… ③刘… III. ①恢复  
(运动生理) — 研究 — 中国 IV. ①R872.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 066198 号

## 超量恢复的运动生理研究进展

殷 劲 蒋 丽 刘钦龙 著

出版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 周清芳

责任编辑: 周清芳

主 页: [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

电子邮箱: [uestcp@uestcp.com.cn](mailto:uestcp@uestcp.com.cn)

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸: 170mm×240mm 印张 18 字数 360 千字

版 次: 2012 年 4 月第一版

印 次: 2012 年 4 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-1134-4

定 价: 46.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202463, 83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

## 本书编委会

主 编 殷 劲

副 主 编 蒋 丽 刘钦龙 邬建卫

编写成员 殷 劲 (成都体育学院)

蒋 丽 (成都体育学院)

刘钦龙 (天津体育学院)

邬建卫 (成都中医药大学体育学院)

孙君志 (成都体育学院)

邓文骞 (成都体育学院)

丁海丽 (成都体育学院)

田 川 (成都体育学院)

胡 尧 (成都中医药大学体育学院)

岳建兴 (蚌埠医学院第二附属医院)

石金丽 (西南交通大学体育部)

# 前 言

自“超量恢复”理论提出以来，这一理论一直是运动生理等学科的基础理论之一。然而，在多年的训练实践中，成功应用“超量恢复”原理指导训练的效果与“超量恢复”理论有较大差距，表现为学习时备受启发，应用时感到困惑，出现了多年的争议。是超量恢复理论出了问题？还是应用出现了偏差？对此，本书作者经过多年的研究，从运动生理学的角度对超量恢复的能量代谢特点、能量代谢的动物模型、运动后内脏与外周的恢复规律等进行了系统研究，提出了“超量恢复区间”、“真假超量恢复区间”、“训练恢复能力”等新的概念和理论，希望对“超量恢复”理论的发展、对运动实践有所帮助。

本书从2003年开始构思至今，得到了成都体育学院运动医学系、科研处、研究生部的大力支持，先后有运动人体科学专业（运动生理学研究方向）的16位研究生选择了该课题，并据此课题内容撰写了硕士学位论文。

本书在研究和编写中，曾获得2007年国家体育总局07062号课题“中国国家女子水球运动员运动创伤的治疗与‘超量恢复区间’理论的应用性研究”资助、2009年国家体育总局10A069号课题“国家女子水球运动员运动损伤的防治及其效果的评价、恢复手段的应用”资助、2011年国家体育总局2011B033号课题“国家女子水球队专项体能训练周期的状态调控研究与应用”资助；在一些重要的概念和理论的研究中，苏全生教授给予了大力支持，并提出了有参考价值的建议，借此一并致以谢意。

本书编写情况如下：第一章由丁海丽、蒋丽编写；第二章由邓文骞、蒋丽编写；第三章由殷劲、胡尧编写；第四章由蒋丽、殷劲编写；第五章由殷劲、石金丽编写；第六章由殷劲、岳建兴编写；第七章由孙君志、蒋丽编写；第八章由丁海丽、田川编写；第九章由蒋丽、刘钦龙编写；第十章由蒋丽、邬建卫编写。全书由殷劲和蒋丽最后统稿。

参加本书实验研究和编写的作者还有：朱兵、董伟、周进、陈振华、朱伟、张灵计、王海燕、刘娜、孙杰、张涛、陈学龄、姜燕、张丽娜。

由于本书的许多观点和理论的提出比较仓促，在我们的编写中也难免有误，敬请帮助指正。

著 者

2012 年 9 月

# 目 录

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第一章 超量恢复理论概述.....                 | 1   |
| 一、超量恢复理论的原创.....                  | 1   |
| 二、Yakovlev 教授对超量恢复理论的发展.....      | 2   |
| 三、超量恢复理论在运动实践中“名存实亡”的质疑.....      | 7   |
| 四、与超量恢复理论相关的理论.....               | 12  |
| 参考文献.....                         | 22  |
| 第二章 超量恢复理论与能量代谢.....              | 25  |
| 一、运动时机体的能量代谢体系及其特点.....           | 25  |
| 二、以能量代谢为中心的超量恢复研究的设想.....         | 42  |
| 三、超量恢复的实践意义及其应用.....              | 44  |
| 第三章 糖酵解供能条件下“超量恢复区间”研究.....       | 47  |
| 一、“超量恢复区间”概念的提出.....              | 47  |
| 二、不同训练周期糖酵解供能运动致疲后机体功能恢复规律研究..... | 47  |
| 三、糖酵解供能条件下超量恢复区间理论的研究.....        | 95  |
| 四、再谈运动训练中的超量恢复区间.....             | 104 |
| 五、对运动训练中超量恢复区间的构想.....            | 107 |
| 参考文献.....                         | 107 |
| 第四章 糖有氧供能条件下“超量恢复区间”研究.....       | 109 |
| 一、大鼠糖有氧供能为主的游泳运动模型.....           | 109 |
| 二、不同训练周期糖有氧供能运动致疲后机体功能恢复规律研究..... | 119 |
| 三、糖有氧供能条件下“超量恢复区间”理论总结.....       | 140 |
| 参考文献.....                         | 141 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| <b>第五章 糖酵解供能条件下“真假超量恢复区间”研究</b> .....        | 145 |
| 一、小周期训练大鼠内脏机能与能量代谢能力的正、负叠加规律研究.....          | 145 |
| 二、大鼠糖酵解供能条件下 HPA 轴和 HPG 轴恢复能力的正、负叠加规律研究..... | 153 |
| 三、糖酵解供能“真假超量恢复区间”的探析.....                    | 162 |
| 参考文献.....                                    | 169 |
| <b>第六章 “训练恢复能力”研究</b> .....                  | 170 |
| 一、浅议运动性疲劳恢复能力的训练.....                        | 170 |
| 二、恢复能力的可训练性初探.....                           | 174 |
| 三、HPA 轴、HPG 轴在超量恢复过程中相互关系的研究.....            | 179 |
| 四、恢复能力的可训练性及其规律研究.....                       | 186 |
| 参考文献.....                                    | 194 |
| <b>第七章 运动性疲劳的判断</b> .....                    | 196 |
| 一、运动性疲劳的概念.....                              | 196 |
| 二、运动性疲劳的机制.....                              | 197 |
| 三、运动性疲劳的分类.....                              | 210 |
| 四、运动性疲劳产生的部位.....                            | 212 |
| 五、运动性疲劳产生的过程.....                            | 214 |
| 六、运动性疲劳的判断方法.....                            | 220 |
| 参考文献.....                                    | 227 |
| <b>第八章 消除运动性疲劳的（恢复）手段</b> .....              | 230 |
| 一、恢复概念研究.....                                | 230 |
| 二、恢复理论研究.....                                | 232 |
| 三、恢复手段.....                                  | 232 |
| 四、一些运动项目的恢复手段研究.....                         | 258 |
| 参考文献.....                                    | 260 |
| <b>第九章 “超量恢复区间”理论的应用</b> .....               | 261 |
| 一、“超量恢复区间”理论.....                            | 261 |
| 二、“超量恢复区间”理论在赛前体能调控中的应用.....                 | 262 |
| 三、“超量恢复区间”理论在“真假超量恢复区间”中的应用.....             | 264 |

---

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 四、“超量恢复区间”理论在训练恢复能力中的应用..... | 265        |
| 五、“超量恢复区间”理论在体能训练中的应用 .....  | 267        |
| <b>第十章 “超量恢复”理论展望.....</b>   | <b>270</b> |
| 一、“超量恢复”理论的提出 .....          | 270        |
| 二、关于“超量恢复”理论的质疑 .....        | 270        |
| 三、关于“超量恢复”理论的思考 .....        | 271        |
| 四、“超量恢复”理论的正确应用和实践 .....     | 272        |
| 五、“超量恢复”理论展望 .....           | 275        |
| 参考文献 .....                   | 276        |

# 第一章 超量恢复理论概述

## 一、超量恢复理论的原创

20 世纪 50 年代中期, 苏联科学家 Yakovlev 在《运动生物化学概论》一书中谈到“supercompensation”的问题, 当时的苏联专家讲学时, 有两种译法, 即“超代偿”和“超量恢复”。为了与国内大多数运动生理学教材与专著相统一, 本书将采用“超量恢复”译法。

关于超量恢复学说的提出者及时间, 国内外文献的意见不一。国内文献普遍认为, 对运动时供能物质消耗和恢复过程超量恢复学说的研究始于苏联的 Yampolyskaya (1950 年), 她以不同电刺激频率使青蛙肌肉收缩相同次数后, 在不同的时间测定肌糖原含量的变化, 证明了: (1) 在适宜的刺激强度下, 肌肉收缩时, 肌糖原的消耗随着刺激强度的增大而增加; (2) 在恢复期中有一个阶段会出现被消耗的物质超过原来数量的恢复阶段, 称为超量恢复; (3) 超量恢复与消耗过程有关, 在一定范围内, 消耗越多, 超量恢复越明显。Viru (2002 年) 撰文指出, 将 Hans Selye 的一般性适应综合症理论介绍给苏联的两位科学家是 Anokhin 和 Gorizontov。随后, 苏联多位科学家又对一般性适应综合症理论进行了发展与完善。Yakovlev 在 1949~1959 年的研究中, 发现了训练后恢复期内, 有机体在肌糖原、肝糖原及肌肉磷酸肌酸上产生了超量恢复现象。其后, Yakovlev 等又相继发现 CP、磷脂、结构蛋白及酶蛋白等在运动后恢复期都出现了超量恢复现象, 而且, 不同物质达到超量恢复的速度不同, 这就是所谓的超量恢复的异时性规律。

早在 20 世纪初, 一些生理学家就开始注意到运动对人体肌肉生化成分的影响。1927 年埃博登 (Embsden) 和哈勃斯 (Habs) 发现, 运动训练可以导致骨骼肌的糖原、肌氨酸和磷酸肌酸储备的增加, 这可以说是最早的有关“超量恢复”学说的发现。随后, 人们又相继发现训练还会引起磷脂类物质的增加和氧化酶活性的提高。20 世纪 40 年代, 苏联的贝利泽尔 (Belitzer) 根据训练对机体的影响提出了运动训练的生物化学基础是肌肉和能量储备的改善, 应当将发展人体的氧化磷酸化能力作为训练的重要任务。1948 年苏联列宁格勒体育科研究所运动生化实验室的 Yakovlev 和 Yampolyskaya 等人进行了大量的动物和人体试验。研究运动时, 特别是做不同负荷的耐力运动时, 机体的肌肉和能量代谢系统的变化。他们对多种无脊动物和有脊动物肌肉的 ATP 和 CP 含量进行了测试, 认为肌肉 ATP 含

量不受训练的类型和负荷的影响,而线粒体的数量和体积以及肌糖原的储备则与训练有着密切关系。Yampolyskaya 运用电刺激的方法对冬蛙运动后肌糖原储备的变化进行了测试,她的实验结果表明,冬蛙肌肉在 104 次/min 收缩频率下肌糖原出现持续的下降,在刺激停止后的休息期,肌糖原出现明显和稳定的超量恢复现象,肌肉运动后肌糖原的超量恢复量和稳定性取决于肌肉收缩的节奏和运动的持续时间。作者在这篇研究论文中首次提出了“超量恢复”的概念,并对运动后肌糖原超量恢复的程度做了初步的定性分析。与此同时, Yakovlev 也对不同负荷对肌糖原储备的影响进行了研究,得出了在不同负荷下肌糖原的消耗不同的结论。在此之后的近 20 年时间里,世界上多个国家的研究人员就运动对肌肉糖原代谢的影响这一问题进行了大量的研究。

## 二、Yakovlev 教授对超量恢复理论的发展

### (一) 超量恢复的提出

1955 年,苏联 Yakovlev 在其专著《运动生物化学概论》中首次详细地论述了运动时消耗和恢复过程的关系(书中第 152~166 页)。这是一部俄文的经典著作, Yakovlev 在书中对这个过程作了系统的论述和推论,主要概括如下:

第一,消耗过程越长,机能潜力(Functional Potential)的恢复过程就越长,超代偿表现就越明显,持续时间就长。但消耗继续发展,将导致恢复过程延缓,如图 1-1 (1) 所示,说明训练的负荷量应当大,但不能太大。

第二,超代偿时间持续不太长,为了使机能潜力进一步提高,就必须进行重复训练,从生化上说明了重复性训练(Repetitive Training)的原则。

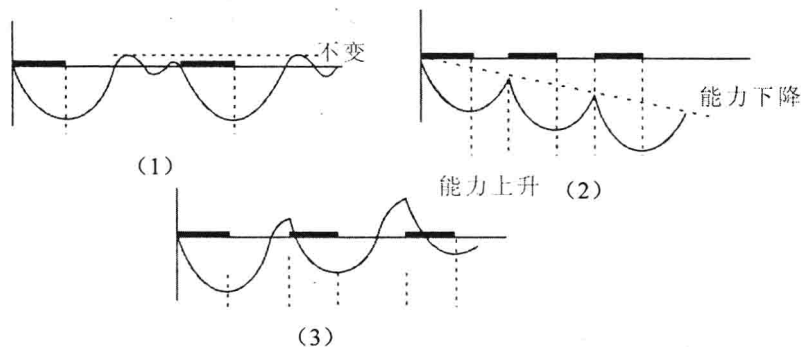
第三,重复性训练应在前一次负荷后的超代偿期进行,这样运动能力才会继续提高(如图 1-1 (2) 所示),不然会使运动能力下降,如图 1-1 (3) 所示。

第四,在训练过程中,不仅运动本身对机能潜力有很大的作用,而且休息也有同样的作用,应适时安排运动和休息进行训练,其图形如图 1-1 所示。

第五,提出这个规律不等于已经能够应用这个规律。要将可能性变为现实性,困难在于不同器官的疲劳、不同能源消耗和恢复过程都有不同的特点,其恢复曲线也不相同。

1972 年 Yakovlev 根据人体负荷后肌糖原储备出现的“下降、恢复和超量恢复”的特性,提出了运用“超量恢复”解释运动训练对人体机能能力的影响作用,即将运动训练对人体机能能力产生影响作用的机制归结为“超量恢复”。他认为,施予机体训练负荷就是要打破机体已经形成的“内环境平衡”(Homoeostasis)。运

动能力的提高就是通过“超量恢复”的机理在高的层次上建立新的“平衡”。1975年他又撰文对苏联运动生物化学的起源、发展和研究现状做了深入分析与总结，对训练过程中机体内环境的破坏与重新构建的机理问题进行了较大篇幅的论述，进一步提出通过增加训练的负荷量和强度使机体（特别是肌肉系统）出现“超量恢复”，进而达到改善机能能力的训练效果。1977年在他的专著中首次完整地提出了“超量恢复”的学说，并将其作为解释运动训练效果的理论基石。



(1) 重复负荷在超代偿后进行，机能水平不变化 (2) 重复负荷在未恢复结束时进行，机能水平下降

(3) 重复负荷在超代偿期进行，机能水平提高

图 1-1 适时进行系统训练的图形

(引自 YaRovler, 1955 年)

由此可见，尽管早在 20 世纪 40 年代的一些生理、生化研究论著中就出现了“超量恢复”的名词，但那时“超量恢复”的内涵还只限于解释肌肉在运动负荷刺激下肌糖原的“下降—恢复—超量恢复”现象，而将这一研究结果扩展延伸到解释整个人体机能能力增长机制的“理论模型”则是以 Yakovlev 的《运动生物化学》专著的发表为标志。此后，“超量恢复”学说逐渐得到运动生理、生化和运动训练界的广泛认同和接受，被大量研究课题、学术论著以及课程教材所引用，成为指导竞技运动训练和体育健身的“经典基础理论”。该学说不仅成为一个重要的解释训练负荷与机能增长关系的理论“模型”，而且被定为指导训练实践的一个重要训练原则，即超量恢复的训练原则。至今“超量恢复”学说仍然在运动生理、生化和训练领域占有重要的位置。

## (二) 超量恢复的机理

Yakovlev 在 1955 年提出“超量恢复”时，并未说明其机理。1962 年，在莫斯科的运动训练问题国际科学方法讨论会上的大会报告中，Yakovlev 对“超量恢复”作了详细介绍，从运动后酶活性提高来说明磷酸肌酸、磷脂 (Phosphatide)、

肌肉蛋白质等的增加,但“其中有些物质在肌肉中增加的机制还不太清楚”。直至1975年,他在美国运动医学年会作《苏联运动生物化学的今昔》报告时,认为苏联在运动生物化学发展中提出的重要原理包括:第一,运动时消耗基质数量的超量恢复原理(Principle of Supercompensation);第二,运动后恢复期生物化学恢复过程的异时性原理(Principle of Heterochronism)。

“超量恢复”的机理是:

1. 早期是增加能源储备物质。可见糖原和磷酸肌酸浓度先增加,然后磷脂和蛋白质等逐渐增加,再达到平衡。

2. 酶活性提高。运动后各种营养物质供应增加,消耗相对减少,这时酶活性提高,如糖原合成酶(Glycogen Synthetase)、腺苷酸激酶(Adenylate Kinase)等。基质和酶活性增加,导致出现超量恢复。

3. 各种酶活性升高程度和速度不是平行的,如运动后糖原磷酸化酶(Glycogen Phosphorylase)和糖原合成酶。在线粒体中由于ATP、 $\text{NADH}+\text{H}^+$ (Pyridine Nucleotide Transhydrogenase,吡啶核苷酸转氢酶)、还原型辅酶Q(Reduced Coenzyme Q)增加,使琥珀酸脱氢酶(Succinate Dehydrogenase)变构而活性上升,出现肌肉中琥珀酸氧化(Oxidation of Succinate)很活跃(如图1-2所示),Chagovets N.R.称之为“线粒体合成状态”(synthesizing state of mitochondria),是肌肉能量生成的后机能动量(post-fimctionalmomentum)。这是超量恢复的代谢基础,也是不同能源物质超量恢复异时性原理的基础。

Koane B.H.研究所提出的说明,在当时引起了重视,1962年瑞典Bergstrom引进肌肉活检法。在20世纪60年代,Bergstrom和Huhaman等的研究认为人体运动时肌糖原消耗和恢复会明显出现超代偿,他们提出并应用高糖饮食与运动训练相结合的糖负荷方法,在赛前使肌糖原超代偿增加2~4倍,从而提高了运动能力,这种超代偿理论和方法被大家所公认,肌糖原运动时的消耗和恢复过程及其分子机理是近30年来的研究热点。

2003年Jentjens R.和Jeukendrup A.E.综述了多年来对运动后肌糖原合成的成果,如图1-2所示。

从图1-2中可以看出:

(1)运动后骨骼肌中肌糖原含量的降低可直接引起肌糖原的合成和葡萄糖的摄取。关于运动后肌糖原的浓度,从1967年至今所见的36个研究报告中,无论是运动补糖者或补糖加蛋白质、补糖加氨基酸或脂肪者以及不补糖和其他营养品者,其运动后的肌糖原都在21~540mmol/kg干肌之间,比运动前大大减少。

(2)运动后在恢复期3~4h内每隔15~60min间歇补糖1.0~1.85g/kg/h时,糖原合成的最大速率为40~43mmol/kg干肌。

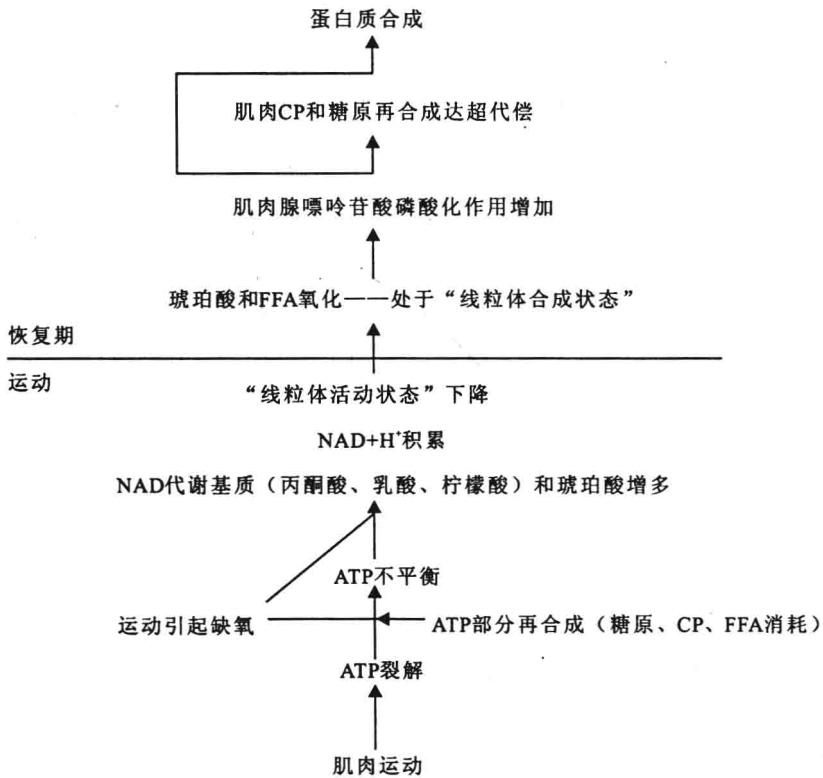


图 1-2 运动后恢复期中的能量生成使合成代谢加强示意图

(引自 Yakovler, 1975 年)

### (3) 运动后肌糖原合成的机理

运动后补糖首先是以葡萄糖 (gincose) 形式穿过肌细胞膜 (muscle cell membrane), 葡萄糖在骨骼肌中的运输主要以葡萄糖转运蛋白 4 (glucose transporter protein-4, GLUT-4) 为载体, 运动后肌糖原大量消耗本身亦可促进血液葡萄糖透过肌肉细胞膜, GLUT-4 在肌细胞内转运葡萄糖时, 存在两个池 (Pool), 即 Pool (A) 和 Pool (B), 如图 1-3 所示。在 GLUT-4 Pool (B) 中, 肌肉葡萄糖转运的最大速率取决于 GLUT-4 的总量和细胞膜对胰岛素的应答和/或胰岛素的浓度; GLUT-4 Pool (A) 属于细胞内信号途径 (intra-cellular signaling pathway), 与 GLUT-4 Pool (B) 激活途径不同, 胰岛素可激活磷脂肌醇-3-激酶 (phos-phatidvlinositol-3-kinase), 从而使肌浆网 (sarcoplasmic recticulum) 释放  $\text{Ca}^{2+}$ , 导致激活蛋白激酶 C (proteinknase C, PKC), 加上运动可使 GLUT-4 增加一氧化氮 (nitricoxide) 和腺苷 (adenosine) 浓度, 增加 AMPK (AMP-activated protein kinase, 一磷酸腺苷激活蛋白激酶) 活性, 以及肌肉中糖原浓度降低都是 GLUT-4 Pool (A) 加强活动的信号。这些都可加强 GLUT-4 的转移以便合成

糖原。在合成过程中, GLUT-4 在尿苷二磷酸葡萄糖催化下、通过糖原蛋白 (glycogenin, GN) 生成 1 : 1 复合物, 再在尿苷二磷酸葡萄糖 (uridine diphosphate-glucose) 和  $\alpha$ -1, 4 及  $\alpha$ -1, 6 糖基转移酶的作用下生成 7~11 个糖基的聚合物, 再合成糖原。糖原含有丰富的水分, 含水量为: 糖原 (mmol/kg) 干重 $\times$ 4.28=糖原 (mmol/kg) 湿重。

肌糖原可分为两种, 即前糖原 (proglycogen, PG) 和大糖原 (macroglycogen, MG), 每种都含有相同的蛋白质, 但糖原单位不同, 前糖原的糖原基本单位少, 其分子量为  $4\times 10^5$  道尔顿; 大糖原分子量达 107 道尔顿, 因此, PG 和 MG 的合成和分解速率以及对膳食的敏感性不同, 在运动后和肌糖原大量消耗时, PG 对糖膳食更敏感, 合成速率较快, 在 24h 内达到稳定的高水平, 而 MG 合成的相对速率较慢, 可持续 48h, 肌糖原超代偿主要在 MG 中, PG 是 MG 的前体。目前, 对 Gn、PG 和 MG 相互调节和平衡的关系还不很清楚。

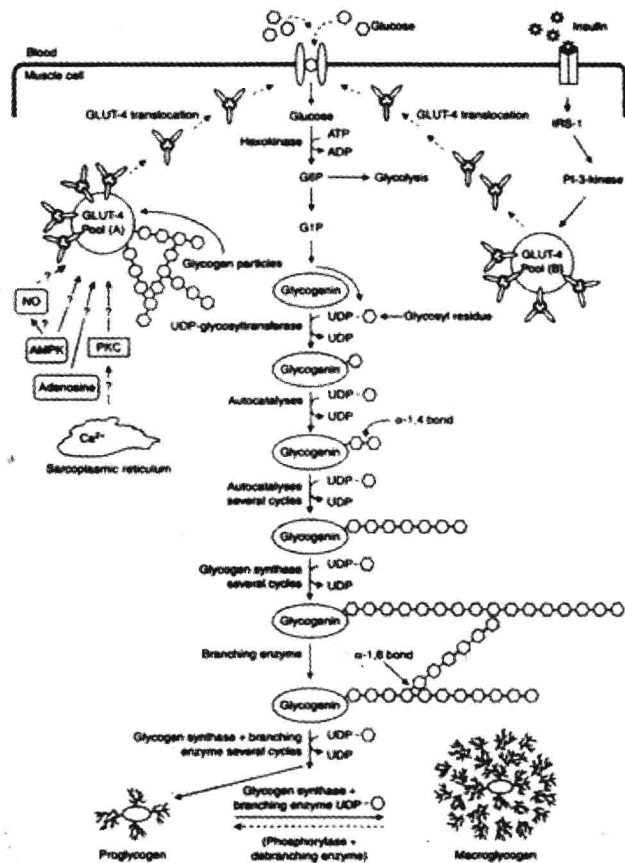


图 1-3 骨骼肌中糖原合成简图

(引自 Jentens 和 Jeukendrp, 2003 年)

综上所述,在近30多年,肌糖原超代偿机理的研究比以前更清楚了,科学的发展,符合科学规律的理论必将越来越完善。

### 三、超量恢复理论在运动实践中“名存实亡”的质疑

自“超量恢复”学说提出之后,该理论就受到运动生理、生化和训练界许多学者的质疑。

主要的批评和质疑集中在以下几个方面:

——“超量恢复”学说缺乏足够的科学实验数据的支持。

——“超量恢复”学说没有给出人体能力的极限。

——“超量恢复”学说强调了机能能力在负荷刺激下的提高,而忽视了机能能力的保持和在不良刺激下的下降。

——“超量恢复”学说忽视了人体的不同能力具有不同发展空间和不同发展速度的问题。

——在运动实践过程中的训练周期的安排也与“超量恢复”理论相悖。

运动生理学家蒂玛瑞斯(de-Mattes)在其专著《运动生理学》中写道:“所谓的‘超量恢复’至今仍然在许多方面缺乏科学的证据”。霍尔曼(Hollmann)和海廷格尔(Hettinger)认为不能将肌糖原这一单一指标的超量恢复现象延伸扩展到解释整个机体对运动训练的适应,齐默尔曼(Zimmermann)也强调了运动训练的适应是一个长期的、带有强烈个体性的过程,而不像“超量恢复”学说那样简单。

2001年,陈小平在其《德国训练学热点问题研究述评》一文中指出,训练的“超量恢复理论”已受到质疑,他认为:首先,该理论缺乏足够的科学实验数据支持,它的提出仅仅依靠在未严格控制的实验条件下获得的肌糖原代谢的实验数据,其结果是不能够轻易延伸到对整个机体不同器官和系统的适应机制进行解释的程度;其次“超量恢复”学说也没有超出人体能力的极限,而实际上机体各系统的能力均受遗传等因素的影响,它们的发展是有限度的;再次,“超量恢复”学说强调了机能提高的短期行为,而忽视了长期积累效应。2007年,陈小平再次在《首都体育学院学报》发表的《运动训练的基石——“超量恢复”学说受到质疑》一文中详尽阐述了对“超量恢复”理论的质疑,他认为:该学说缺乏扎实的基础实验数据的支持,没有给出人体运动能力的极限,没有显示出对不同能力和不同运动员机能能力提高的个体差异性,不能全面科学地解释运动能力的增长。“适应”理论以“应激”理论为基础,认为运动能力的提高是人体对外界环境(刺激)适应的结果。

1998年,王广虎在其《超量恢复与超量恢复训练原理的审视与思考》一文中

指出:超量恢复是系统行为的后效应,具有一般性。由此提出的超量恢复训练原理是值得审视与置疑的。他提出了超量恢复训练原理的反例和困境,认为超量恢复现象与超量恢复训练原理并不具有必然的联系。也就是说,系统存在超量恢复现象,却并不一定满足超量恢复“训练”原理。

超量恢复训练原理应用于实践中,也存在十分明显的矛盾。学校体育,每周两次或三次体育课,每次课的时间为45min。如果在体育教学中,用超量恢复训练原理来衡量,其间的时间间歇太长,将大大超过由45min运动负荷所引起的超量恢复阶段。这意味着体育课对人体机能的提高是无效果的。这一结论无疑与体育教学实践不相符合。对于竞技体育的运动训练,由于竞技体育的国际竞争日趋激烈,运动员都自觉不自觉地进行大运动量和高强度的运动训练。在运动实践中,高水平的运动员每天都有2~3次的训练。如果用超量恢复训练原理来衡量,其间的时间间歇一般都短于超量恢复所需要的时间。按“理”,人体的机能将不断下降,但事实是,运动员的机能能力却因此获得了明显的提高。为消除这一“理论”与事实不符的矛盾,超量恢复训练原理解释(即“几次训练课的疲劳积累后的间歇时间,仍能使运动员产生‘超量恢复’,并不是始终在运动员疲劳未消除的情况下进行训练”),最令人置疑的是:疲劳的积累与机能的生长,都表现出线性叠加的递变关系。人体系统是非线性的开放系统。运动训练与疲劳积累、机能增长的关系不可能如此简明。人体系统有机的自组织能力,使之有极强的功能整体性和自我保护性。人体系统内各子系统的相互协同,同时也是一种彼此约束。因此,对于人体系统的整体性而言,任一子系统都必然存在一种变化的上限——生理极限。子系统的功能变化越接近生理极限,所受到的约束越强,不可能是叠加方式的线性增长。无限制的疲劳积累的叠加与机能增长的叠加,不仅与现有的人体科学的理论相违背,也与竞技体育的运动训练实践相脱离。

2001年,骆建在其《对运动训练中的超量恢复现象与超量恢复原理的审视》一文中,对运动训练的超量恢复现象的分析认为,机体承受已适应的运动负荷刺激对物质的消耗,至机体机能恢复到原有水平所出现的波动现象,是机体机能的消耗与恢复达到充分平衡后的后效应,不会引起机体机能能力产生直接的提高与降低。他认为,超量恢复现象是指运动时机体消耗掉的物质及各器官、系统的机能的下降,通过运动后的恢复,不但恢复到原有水平,甚至恢复到超过原有水平。所以,要认识超量恢复现象,就必须分别认识和理解机体恢复到原有水平所承受的运动负荷刺激的大小、机体机能恢复到原有水平的生理变化特点,以及机体机能恢复到超过原有水平的生理学特点。机体在运动时所承受的运动负荷刺激对物质的消耗而引起的机能能力下降,如果能在隔日的恢复时间内完全恢复到原有水平,那么,机体所承受的这类运动负荷刺激必然是运动员在某一训练水平阶段能