

THE RESEARCH OF EXERTIONAL FATIGUE

运动性疲劳研究

殷劲 高兴等

现代体育科学丛书



四川教育出版社

运动性疲劳研究

现代体育科学丛书

殷 劲 高 兴 袁琼嘉

杨次愉 黎 锦 周荣晖

主 编：殷 劲 高 兴

一九九三 · 成 都



(川)新登字005号

责任编辑：刘宗训

封面设计：何一兵

版面设计：顾求实

现代体育科学丛书

运动性疲劳研究

殷劲 高兴 等著

四川教育出版社出版

(成都盐道街三号)

四川教育出版社发行

内江新华印刷厂印刷

开本850×1168毫米1/32 印张11.5 插页5 字数260千

1993年9月第一版

1993年9月第一次印刷

印数：1—2000册

ISBN7-5408-2186-8/G·2105

定价：7.00元

出版说明

四十多年来，我国的体育事业飞速发展，在实践中取得了引人瞩目的辉煌成就。与之相比，理论研究工作却显得薄弱。我们有几百个世界冠军，但没有一套反映现代体育科学成就的书籍。

为此，四川省体育科学学会、成都体育学院、四川教育出版社在全国范围内组织编撰并出版了这套《现代体育科学丛书》。这些专著吸收和反映了近年来体育科学研究的新成果，特别侧重于以前研究得很不够的体育交叉学科及社会科学方面。我们相信，广大的体育工作者是会喜欢读这些文笔流畅、内容新颖的科学理论书籍的。

现代体育的发展，同科学技术的进步密切相关。我国要实现在本世纪末成为世界体育强国的宏伟目标，发展体育科学是关键。我们期望这套丛书能在加强体育与科学的联系，总结和交流现代体育科学的研究成果方面发挥重要作用，推动我国体育事业更快更好地发展。

299124

序

周西宽

“更快、更高、更强”是时刻激发着地球上亿万人们热情的奥林匹克精神，是促进竞技体育向体能极限冲击，不断提高竞技运动水平的催化剂，是竞技体育进军21世纪的奏鸣曲。在国际奥林匹克大家庭跨世纪的激热竞争中，中国要力争实现超前突破，成为世界体育强国，运动训练的科学化是一个重要的保证。其中，“消除疲劳问题是我们体育战线需要开创新局面的一个重要内容，一项重要任务，是科学研究的攻关课题”，也是运动医学研究的中心课题。

体育界有这样一句名言：“没有疲劳就没有训练，没有恢复就没有提高”。运动训练造成运动员身体出现一定程度的疲劳是提高运动竞技水平的生物学基础，是挖掘和提高机能能力、增强体质根本措施。

因此，消除疲劳和挖掘机能潜力构成了运动性疲劳研究的核心问题。近年来，国家体委十分重视运动性疲劳问题的研究工作，多次组织专家、教授进行专题研究，并把疲劳问题列为国家体委体育科学研究“八·五”规划的一个重要方面，使运动性疲劳研究成为体育科学研究的新的热点，并涌现出了许多有价值的研究成果。如何及时地系统总结、推广这些成果，使之尽快转化

为促进我国运动技术水平发展的动力,并为增强人类健康服务,已成为体育界迫切需要解决的问题。

殷劲、高兴等同志撰写的《运动性疲劳研究》一书就是这方面的一个有益的尝试。殷劲、高兴同志是我院培养的年轻的运动生理学副教授。殷劲同志自1985年硕士研究生毕业留校后,一直从事运动性疲劳问题的研究工作。他们及其同事先后承担了三个国家体委下达的运动性疲劳问题研究方面的课题,其中两个课题的研究成果分别获得1991、1992年国家体委体育科技进步二等奖和三等奖。此外,还在国内外学术会议和学术刊物上发表有关运动性疲劳问题研究的论文30余篇。经过多年的研究,他们在运动性疲劳问题方面形成了自己独特的研究风格和见解。虽然本书还不够成熟,某些观点可能还值得进一步研究和讨论,但仍不失为我国第一部有特色的运动性疲劳研究专著。

该书主要论述了以下问题:运动性疲劳的概念、类型及发展过程;能量代谢系统与运动性疲劳;运动性疲劳机理研究;运动性疲劳理论研究的新尝试;判断疲劳的方法;抗疲劳方略;老年人的运动能力和疲劳特点;儿童少年的疲劳特点及运动训练中的注意事项;女子的疲劳特点及运动训练中的注意事项;特殊环境对运动能力的影响。本书还介绍了国内关于运动性疲劳研究的许多新观点、新成果和研究动态,同时还注意与运动实践相结合,集运动训练、健身、防病等知识为一体,不仅对运动性疲劳理论建设能起到一定的积极作用,而且在指导运动训练科学化的实践中也会有较大的应用价值。

但愿本书的出版能推动我国关于运动性疲劳的研究工作,为建设有中国特色的运动医学体系,为运动训练科学化作出积极的贡献。

绪 论

自1896年雅典奥运会揭开了现代竞技体育的序幕以来，竞技体育运动已发展成为当代人类社会的盛大文化活动。“更快、更高、更强”的奥林匹克精神，鼓舞着世界各国体育健儿在国际竞技体育活动中，不断向人体自身的种种生理极限发起了冲击。现代科学技术的飞速发展，推动了运动训练科学化的进程。而运动性疲劳问题的研究，正是运动训练科学化中极其重要的理论和实践问题。

（一）运动性疲劳研究的意义

疲劳，是人们日常生活和工作中常见的生理现象。运动性疲劳则是由于体力工作和运动训练及竞赛所造成的身体工作能力暂时下降的现象。竞技体育运动训练的直接目的在于改善和发展运动员的竞技能力，而运动员竞技能力生理基础的提高过程必然遵循“运动训练→机体工作能力暂时性下降即疲劳→疲劳的消除→机体工作能力提高”的循环往复，螺旋形发展的规律。因此，探索运动性疲劳产生的原因，运动性疲劳发展过程的特点，

判断疲劳的方法,加速疲劳消除的手段等问题,已成为广大体育科技工作者、医务人员、教练员、运动员极为重视的研究课题。原国家体委副主任陈先同志曾经讲过:“消除疲劳问题是我们体育战线需要开创新局面的一个重要内容,一项重要任务,是科学研究的攻关课题,这个问题不解决,攀登世界体育高峰就会受到很大影响。”

疲劳问题不仅是体育科学界关心和重视的问题,也是全社会关心和重视的问题,随着现代人类社会生活节奏的加快,精神和体力劳动强度的加大,现代文明社会的人群中,慢性疲劳综合症患者日渐增多。近年来,日本、泰国等国以及欧美的报刊惊呼,慢性疲劳综合症将是20世纪90年代威胁人类的最大疾病,是“第二艾滋病”。因此,研究疲劳问题对人类健康的影响又是医学界、社会学界、心理学界所必须重视的问题。国际运动医学联合会前主席卢·普罗科普曾经指出,疲劳综合症是运动医学研究的中心课题,它能直接影响人们日常生活,特别是工作中的过度劳累。因此,消除疲劳或者说加速机体工作能力的恢复问题就更加迫切了。

(二) 运动性疲劳研究的概况

疲劳问题是一个古老而又“永恒”的研究课题。祖国医学的经典著作《黄帝内经》在诸多的论述中就已涉及到疲劳问题。在《素问·六节脏象论》中,提到“肝者,罢极之本”,其中“罢”字读音为“pí”,即现代汉语中的“疲”字。《内经》中,多处提到“劳”字,其中“五劳所伤”的“劳”是过度之

意,“劳则气耗”的劳就是指的疲劳。在我国古代著名的医学家张仲景、孙思邈等人的著作中,均提到“疲劳”一词。可见,疲劳问题远在古代,就已受到医学家们的重视。

现代对运动性疲劳问题研究的第一人应推Mosso,他从1880年开始对人体疲劳进行了研究。迄今为止,已有数不胜数的著名专家、学者对疲劳问题进行了探讨。经过一个多世纪的长期、艰苦卓越的工作,进行了大量耐心细致的研究,专家们在运动性疲劳的研究领域取得了众多的研究成果,对疲劳产生的原因,判断疲劳的方法,加速疲劳的消除的研究等方面,都取得了很大进展。单是在运动性疲劳产生的机理方面就有以下学说:中枢神经保护性抑制学说;神经肌肉接点的Ach量变学说;外周的“衰竭”学说、“堵塞”学说、“内环境稳定性失调”学说,以及从综合性认识角度提出的“全身性疲劳”学说、“疲劳控制链与突变”理论等。这些机理、学说、理论对认识、预防、延缓和消除疲劳起到了十分积极的作用。

近年来,随着现代科学技术的发展和运动训练科学化进程的加快,运动性疲劳问题的研究越来越受到人们的重视。各国纷纷投入大量的人员和财力进行研究。例如,美国的哈佛疲劳研究所、法国国家疲劳研究中心,拥有一大批专门研究人员,每年耗资高达数百万美元以上。我国体育科学研究主管机构、国家体委科教司、国家体委体育科学研究所、国家体委运动医学研究所,以及各体育学院和省市体育科学研究所都投入了大量的人力和经费,力图对运动性疲劳问题进行全面深入的研究。国家体委体育科学研究“八·五”规划中,把疲劳问题的研究作为一个重要方面列出。在每届全国运动生理生化、运动医学学术论文报告会议上,关于疲劳问题的研究成果均在与会论文中占较大的比重。在

四年一度的全国体育科学大会上，运动疲劳与恢复的研究还被列为专题进行学术交流。运动性疲劳研究已成为整个体育科学界关心和重视的问题。

(三) 运动性疲劳研究中重要的 理论和实践问题

运动性疲劳研究首先解决的是疲劳的概念问题。疲劳概念的研究与人类探索疲劳的研究是同时起步的，它一开始就成为疲劳问题研究的热点。经过近100年的历史，终于在1982年第五届国际运动生物化学会议上，有了一个明确而统一的概念，大会认为运动性疲劳是“机体生理过程不能持续其机能在一特定水平或各器官不能维持预定的运动强度”的现象。

关于运动性疲劳的特点，各国专家普遍认为，运动性疲劳是一个过程，这个过程应当具备以下特点和规律：

第一，疲劳时，机体能力降低存在时相性或阶段性。

第二，机能能力降低与疲劳过程并不是成正比关系。

第三，由于疲劳过程受多种因素的影响，在疲劳的最初阶段，下降的机能能力可能再度表现出恢复的现象。

第四，疲劳过程发展到最终必然出现筋疲力尽。

新近的研究提出，可以把疲劳过程确定为三个阶段：疲劳过程的最初阶段；疲劳过程的增强阶段；疲劳过程的力竭性阶段。

这个观点使人们对疲劳过程的认识又前进了一步。

大量的研究结果表明，在不同条件下，人体或动物运动时的能量代谢过程是有其特点的。因此，对疲劳研究的实验条件有必要加以某种形式的规范，这对于建立较为客观统一的疲劳理论提供

具有可比性的实验结果是非常必要的，建立运动性疲劳实验模型已成为近年来研究较多的问题之一。

关于运动性疲劳的判断方法和运动后加速疲劳消除的研究，亦是运动性疲劳研究的极其重要的领域。近年来，运动成绩突飞猛进，其主要原因之一就是这方面的科研成果大量应用于运动训练实践之中。采用科学方法及时判断运动员的身体机能状况，并采用针对性的恢复措施已是世界体育强国在国际大赛中克敌制胜的“秘密武器”。

对不同人群以及特殊环境下运动性疲劳产生的原因也是运动性疲劳研究的一个重要方面。这个问题对科学安排儿童、少年、妇女、老年人的体育活动以及在特殊环境中提高人体的工作能力，防止运动意外的产生具有重要意义。

(四) 运动性疲劳问题研究展望

运动性疲劳问题的研究是一个综合性的研究问题，它不仅是运动医学、运动生理学、运动生物化学的重要研究领域，还与运动心理学、社会学、精神病学等学科密切相关。运动性疲劳问题研究的复杂性和重要性，将吸引更多的专家投身其中。目前，国外科学家动用了包括核磁共振 (NMR) 和正电子辐射层析摄影 (PET) 等现代高科技手段对疲劳问题进行了研究。例如，利用核磁共振技术可以在无创伤、无疼痛的条件下连续测定三磷酸腺苷 (ATP)，磷酸肌酸 (CP)， P_i 、 H^+ (PH)、水、脂肪和代谢物质的浓度，这对研究肌肉疲劳具有非常重要的意义；又如，采用正电子辐射层析摄影技术，可以拍摄到人脑活动时的层

析照片，用以研究神经疾病，药品疗效以及不同机能状态下的大脑活动规律，对中枢疲劳的研究有着划时代的意义。PET的应用在局部血流和物质代谢的研究方面也具有很大潜力。现代科学技术的发展，为我们最终揭示疲劳的奥秘提供了可能性。我们相信，运动性疲劳研究这一体育科学研究皇冠上的一颗明珠，被勇于探索、不断进取的科学家所摘取的日子为期不会太远了。



部分作者近影

自左至右

前排：高兴 殷劲

后排：袁琼嘉 杨次榆

现代体育科学丛书

顾问: 李梦华 黄 中

张彩珍 康振黄

主编: 胡晓风 周西宽

编委: (以姓氏笔画为序)

马启伟 文 超

王汝英 邓宗琦

白春育 张 岩

李宗述 李季芳

杨俊卿 肖捷明

陈安槐 陈明达

陈保明 钟添发

轲 犁 谢琼桓

董连璧 熊斗寅

现代体育科学丛书

体育学	运动竞赛学
论人体科学	人体结构力学
大体育观	中国武术文化概论
体育控制论	体育哲学
体育美学	教练员学
体育教学论	运动与心理
体育经济学	体育预测学
运动学	运动性疲劳研究
运动员选材学	运动医务监督
论运动训练过程	运动时间生物学



目 录

绪论.....	(1)
(一) 运动性疲劳研究的意义.....	(1)
(二) 运动性疲劳研究的概况.....	(2)
(三) 运动性疲劳研究中重要的理论和实践问题.....	(4)
(四) 运动性疲劳问题研究展望.....	(5)
一、运动性疲劳的概念、类型及发展过程.....	(1)
(一) 运动性疲劳的概念.....	(1)
1. 运动性疲劳概念的演变过程 2. 现代运动性 疲劳的概念及其思考	
(二) 运动性疲劳的分类.....	(5)
1. 根据疲劳发生的性质进行分类 2. 根据疲劳 发生的生理学和心理学特点进行分类 3. 根据 疲劳发生的部位进行分类 4. 根据疲劳发生部 位的范围进行分类 5. 根据机体对不同频率电 刺激的应答情况进行分类 6. 根据疲劳的消除 情况进行分类	
(三) 运动性疲劳的发展过程.....	(10)
(四) 运动性疲劳发生的部位.....	(13)

1. 中枢疲劳	2. 外周疲劳	3. 内脏及调节机能疲劳
(五) 过度疲劳..... (21)		
1. 过度疲劳的症状及危害		
2. 过度疲劳的产生原因及预防		
3. 过度疲劳的判断及治疗		
二、能量代谢系统与运动性疲劳..... (35)		
(一) 运动时机体的能量代谢体系及特点..... (35)		
1. 人体运动时的供能系统		
2. 运动活动与能量供给系统		
(二) 运动疲劳与能量供应..... (59)		
1. 运动疲劳与酸中毒		
2. ATP的生成与肌肉疲劳		
三、运动性疲劳机理研究..... (65)		
(一) 中枢疲劳理论的研究..... (66)		
1. 中枢疲劳理论研究中的“韦一谢之争”		
2. 保护性抑制学说的形成		
3. 中枢疲劳理论研究的生化问题		
4. 中枢疲劳理论研究中的氨代谢问题		
(二) 外周疲劳理论的研究..... (76)		
1. 外周疲劳理论研究中的“失调”学说		
2. 外周疲劳理论中的有关“特殊结构”改变的研究		
(三) 内脏及调节机制变化致疲劳的研究..... (99)		
1. “支配内脏活动的神经装置”与疲劳		
2. 内脏器官与疲劳		
3. 激素的分泌与疲劳的研究		
(四) 综合性疲劳理论的研究..... (103)		
1. 疲劳的综合学说		
2. 疲劳控制链与突变理论		
四、运动性疲劳理论研究的新尝试..... (107)		