

运动训练 的生理学研究

主 编 ○ 邱 娟 韩 笑 王立刚
副主编 ○ 李志军 仵晓民 王明强

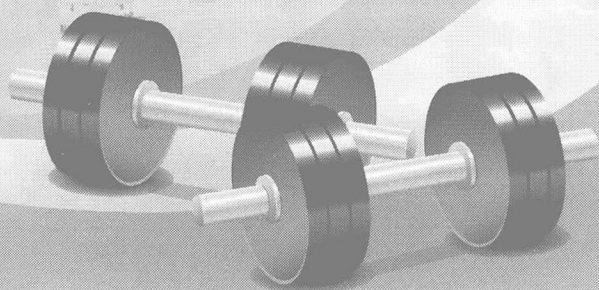


 吉林大学出版社



运动训练 的生理学研究

主 编 ○ 邱 娟 韩 笑 王立刚
副主编 ○ 李志军 佺晓民 王明强



 吉林大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

运动训练的生理学研究/邱娟, 韩笑, 王立刚主编

—长春: 吉林大学出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-5677-0993-5

I. ①运… II. ①邱… ②韩… ③王… III. ①运动生理学—研究 IV. ①G804.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 296408 号

书 名: 运动训练的生理学研究

作 者: 邱娟 韩笑 王立刚 主编

责任编辑: 徐佳 责任校对: 王嘉莉

吉林大学出版社出版、发行

开 本: 787 * 1092 毫米 1/16

印 张: 23.25 字数: 600 千字

ISBN 978-7-5677-0993-5

封面设计: 韩瑞瑞

长春市泽成印刷厂印刷

2013 年 11 月第 1 版

2013 年 11 月第 1 次印刷

定价: 42.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021

发行部电话: 0431-89580026/28/29

网址: <http://www.jlup.com.cn>

E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

运动生理学是体育科学基础学科之一，该学科主要研究人体在体育活动和运动训练影响下结构和机能的变化，研究人体在运动过程中机能变化的规律，以及形成和发展运动技能的生理学规律，探讨人体运动能力发展和完善的生理学机理，论证并确立各种科学的训练制度和训练方法。随着现代科技的进步，人们对人体结构的认识越来越深入，研究领域也越来越细化，研究成果也越来越丰硕，这些都为运动生理学的发展奠定了一定的基础。

目前，市场上关于运动生理学的书籍不是很多，究其原因，主要有以下几点：一是人们对这方面的认识还不够；二是不感兴趣；三是由于工作和生活压力较大无时间去学习和研究；四是重视度不够。为了改变人们对生理学的认识和重视度，我们编写了这本《运动训练的生理学研究》，相信它的出版发行，会给运动生理学的工作者和爱好者带来福音。

全书共分十八章。第一章可视为一个楔子，其目的是让读者对运动生理学有一个最基础的认识。第二章至第八章可视为体育运动与人体结构的关系，其目的和宗旨是让读者明确肌肉是如何活动、如何调控以及体育运动与血液、呼吸、物质代谢、能量代谢、内分泌系统及免疫之间的关系。第九章为体育运动与人体精神领域的关系，其目的和宗旨是让读者明确体育运动与感觉的关系。第十章至第十三章可视为运动技能的生理学探析篇，其目的和宗旨是让读者和学员明确体育锻炼应训练什么，了解运动技能的形成过程和影响因素、运动技能活动的变化规律以及体育训练的生理学分析。第十四章至第十七章可视为体育运动与某些疾病的关系，其目的和宗旨是让读者明确体育运动与肥胖、心血管疾病、糖尿病、骨质疏松症等疾病的关系，患有这些疾病的人群如何进行体育锻炼。第十八章是体育运动和环境的关系，主要讲述不同环境下如何进行科学的体育运动。

全书具体工作分工如下：

第七章至第十一章：邱娟（陕西理工学院）

第一章至第六章：韩笑（北京邮电大学）

第十二章至第十四章：王立刚（长安大学）

第十五章：李志军（广西民族大学）



第十七章至第十八章：仵晓民（渭南师范学院）

第十六章：王明强（广西民族大学）

本书在编写的过程中参考和引用了较多著名体育理论家的著作及最新体育理论研究成果，特此表示衷心的感谢！由于编者水平有限，时间仓促以及学力不逮，书中难免会出现谬误之处，故恳请读者、相关专家、同行批评指正。

编者

2013年6月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 运动生理学的界定与发展	1
第二节 运动生理学的研究现状及发展趋势	3
第二章 肌肉的活动	8
第一节 肌肉简介	8
第二节 肌肉的兴奋和收缩	10
第三节 肌肉活动的神经调控	19
第三章 运动与血液	34
第一节 血液简介	34
第二节 血液循环	42
第三节 运动对血量、血细胞的影响	64
第四节 运动对心血管系统的影响	68
第四章 运动与呼吸	72
第一节 肺通气	72
第二节 气体交换与运输	75
第三节 呼吸运动的调节	80
第四节 运动对呼吸机能的影响	83
第五章 运动与物质代谢	92
第一节 物质的消化和吸收	92
第二节 主要营养物质在体内的分解代谢	96
第三节 代谢产物的排泄	105
第六章 运动与能量代谢	112
第一节 能量代谢简介	112
第二节 人体运动时的能量供应与消耗	118
第七章 运动与激素	131
第一节 内分泌、内分泌腺与激素	131



第二节 人体内主要内分泌腺及其作用	136
第三节 激素分泌的调控	142
第四节 激素对运动的适应与反应	144
第八章 运动与免疫	148
第一节 免疫与免疫系统	148
第二节 运动与免疫功能	154
第三节 运动性免疫抑制	157
第九章 运动与感觉	162
第一节 感觉器官简介	162
第二节 感觉的形成	164
第三节 运动与视觉	169
第四节 运动与听觉、位觉	174
第五节 运动与本体感觉	181
第十章 运动与身体素质训练	184
第一节 体育运动与力量素质训练	184
第二节 体育运动与速度素质训练	194
第三节 体育运动与耐力素质训练	200
第四节 体育运动与柔韧素质训练	206
第五节 体育运动与灵敏素质训练	212
第十一章 运动技能	219
第一节 运动技能简介	219
第二节 运动技能形成的条件反射学说及其过程	221
第三节 运动技能影响因素分析	226
第十二章 运动过程中的技能活动变化规律	234
第一节 赛前状态与准备活动	234
第二节 进入工作状态与稳定工作状态	236
第三节 竞技状态的调整	239
第四节 运动性疲劳	244
第五节 恢复过程	256
第十三章 体育训练的生理学分析	261
第一节 体育训练的生理本质	261
第二节 体育训练的生理负荷量	262
第三节 体育训练中的生理学问题	267

第四节 体育训练过程中的生理检测与调控	282
第五节 体育训练效果的生理学评定	288
第十四章 肥胖与运动	291
第一节 肥胖与肥胖的发病机制	291
第二节 体育运动与减肥	297
第十五章 体育锻炼与心血管疾病	306
第一节 心血管疾病简介	306
第二节 提高心血管功能的运动方案	312
第三节 体育锻炼与心血管疾病的防治	319
第十六章 体育锻炼与糖尿病	322
第一节 糖尿病简介	322
第二节 糖尿病的临床表现及其治疗方法	326
第三节 糖尿病人与体育锻炼	331
第十七章 体育锻炼与骨质疏松症	334
第一节 骨质疏松症简介	334
第二节 骨质疏松症的影响因素与临床表现	335
第三节 体育锻炼与骨质疏松症的防治	341
第四节 骨质疏松运动健身方案的制定	345
第十八章 运动与环境	348
第一节 冷热环境与运动	348
第二节 水环境与运动	355
第三节 高原环境与运动	357
参考文献	367

第一章 绪 论

第一节 运动生理学的界定与发展

一、运动生理学的界定

运动生理学是一门研究人体运动时机能变化的规律和机制的科学。在体育教育的教学中，它是一门体育运动基础理论课。

生理学 (physiology) 是生物科学中的一个分支，是研究生物体功能活动规律的科学。只有活的机体、活的器官、活的细胞才具有功能。因此，生理学的研究对象是活体。人们对生物体功能活动规律的了解，不是通过单纯的想象和推理，而是从观察和实验中总结出来的。因此，生理学是一门实验性的科学。一切生理学的理论都来自于实验。生物体的功能就是整个生物体及其各部分所表现的各种生命现象。生理学的任务就是要研究这些生命现象的发生机制、条件以及机体内外环境的各种变化对这些功能的影响，从而掌握其变化的规律。生理学与解剖学、生物化学、分子生物学、生物物理学密切相关，互相渗透。在当今高科技迅猛发展的新世纪，固有的学科界限已极为模糊，特别是在分子水平上研究生命现象更是如此。这种相互依赖性建立在生物体的结构和功能遵循着自然规律这一事实的基础上。

人体生理学 (human physiology) 是研究人体功能活动规律的科学。有些实验观察可以在人体上进行，在特殊的情况下还可以在病人身上进行。由于人体很多基本的生理功能与动物相类似或完全相同，因此，很多对人体健康有害的实验可以在动物体上进行，间接了解人体的功能。动物实验已成为生理学的主要研究手段。人们不仅可以在整体上进行实验，也可以在器官、细胞和分子等不同水平上进行实验，探索生命活动的规律。

运动生理学 (exercise physiology) 是生理学的一个分支，研究急性运动 (或身体活动) 反应 (acute response of exercise) 和长期身体训练适应 (chronic adaptation of physical training) 所引起的机体结构和功能的变化。由于当今竞技运动水平的迅速提高，于是出现了旨在高水平运动员训练的生理学研究，这一领域的研究可谓“竞技运动生理学” (sports physiology)。

运动已广泛应用于损伤和疾病康复期的治疗以及用于与动脉粥样硬化心血管疾病作斗争的预防性策略。运动生理学正在发展为医学中一个独立的领域——临床运动生理学 (clinical exercise physiology)。



二、运动生理学的发展

(一) 国际运动生理学的发展

运动生理学的发展是与劳动生理学分不开的。从19世纪末到20世纪初,这方面有成就的学者如德国的赞茨(Zuntz, N.)、美国的班奈迪(Benedict, F. G.)等都以研究劳动生理学见称。创造了肌功描记器的莫索(Mosso, A.)曾对疲劳问题进行了系统的研究,描记了典型的肌肉疲劳曲线。法国的拉格朗热(Lagrange, F.)曾著有《疲劳与休息》,并出版了早期的《人体运动生理学》专著。随后,英国生理学家班布里奇(Bainbridge, F. A.)也出版了《肌肉运动的生理学》一书,对运动中的能量转换、氧和营养物的供应及其机理等问题进行了探讨。伦敦大学的希尔(Hill, A. V.)原来专攻数学,以后则致力于生理学的研究,他对人体的激烈运动进行了更为系统深入的探求,在20年代即已发表了《肌肉活动》《人的肌肉运动——影响速度和疲劳恢复的因素》和《有生命的机器》等著作,密切结合运动实际,论述精辟,多有独到之处。他提出的关于肌肉工作的许多论点至今仍为学者们所引用。这一时期美国医生麦肯济(McKenzie, R. Tait)也从体育教育与运动医学的角度著书论述了运动中呼吸、循环的变化及运动损伤的防治等。他们的工作都为运动生理学成为一门独立的学科奠定了基础。

半个世纪以来,电生理学、生物化学以及细胞生物学等在实验方法上的进步更促进了运动生理学的发展。自从1923年梅耶霍夫(Meyerhof, O.)通过无氧实验提出糖原酵解产生乳酸,发放能量供肌肉收缩的理论以来,20世纪30年代经过龙斯加德(Lundagaard, E.)和后来的罗曼与菲斯克(Lohman and Fiske)等人的研究和修正,终于确定了ATP在肌肉收缩中的作用,建立了供能系统的理论。另一方面,借助电子显微镜对肌纤维超微结构的观察和对肌肉收缩蛋白的分子水平的研究,50年代赫胥黎等(Huxley, A. F. and Huxley, H. E.)和汉森(Hanson, J.)又提出了两种肌丝滑行学说。滑行学说经过二十余年不断深入的研究,现已逐步完善,并得到了学术界的公认,它和供能系统的理论已成为研究肌肉运动生理机理必不可少的基本知识。

在现代运动生理学的发展进程中,北欧的学者们作出了突出的贡献。奥斯特朗(Astrand, P. O.)、罗达尔(Rodahl, K.)、阿斯姆森(Asmussen, E.)、赛尔汀(Saltin, B.)等自20世纪50年代以来不断取得新成就,他们提出的有氧工作能力、无氧工作能力和 PWC_{170} 等概念已为众多的运动生理学者所接受。最大摄氧量的概念最先由希尔提出,而作为运动机能评定的指标,则是通过奥斯特朗等进行了广泛研究后才确定了它的实用价值及测定标准。

自1962年伯格斯特龙(Bergstrom, J.)开始对骨骼肌施行针刺活检以来,赛尔汀、高尔尼克(Gollnick, P. D.)、柯斯蒂尔(Costill, D. L.)、柯米(komi, P. V.)等在运动与肌纤维组成方面进行了大量的研究,为运动生理学开创了新局面。此外,近年来在无氧阈(Anaerobic Threshold)的研究和应用上各国也有了新的进展。

作为一本具有完整体系的《运动生理学》,多年来瞩目于卡波维奇(Karpovich, P. V.)的专著,它是在1933年史奈德(Schneider, F. G.)版本的基础上编写的,经教十年多次修订而日益完善。1970年奥斯特朗和罗达尔所著《运动生理学》(Text Book of Work Physiology)问世,该书内容丰富,全面反映了现代研究成果。十余年间已三易其版,是一本可供高水平参考的教学用书。其他如祖克斯(Fox, E. L.),伯杰(Berger, R. A.),麦克亚德(McArdle, W. D.)等皆有



深受学术界赞许的《运动生理学》专著，这些专著各具特色。

（二）中国运动生理学的发展

我国运动生理学作为独立的学科研究起步较晚，但发展速度较快。1924年，生理学工作者程瀚章编写了中国近现代早期的运动生理学专著——《运动生理》，1940年生理学家蔡翘编著了《运动生理学》一书。但在这一阶段，有关运动生理学的教学与研究工作却进展缓慢。20世纪50年代末，我国的运动生理学教学与研究有了第一次飞跃性的发展。1957年北京体育学院为我国首次培养出运动生理学研究生，并邀请苏联专家授课和指导科研工作，标志着运动生理学在我国真正成为了一门独立的学科，同时，也奠定了我国运动生理学发展的基础。1958年成立国家体育科学研究所，其中设置了运动生理研究室，这是我国第一个专门研究运动生理学的科研机构。20世纪70年代末至80年代，是我国运动生理学的教学及科研工作的第二次飞跃发展时期。各体育学院开始招收并培养运动生理学硕士研究生，1987年北京体育大学首次招收运动生理学博士学位研究生，各省、市的体育科研所相继建立了运动生理研究室，专门从事运动生理的研究。2001年，中国生理学会运动生理学专业委员会成立，标志着运动生理学已发展成为生理科学下属的二级学科，这是中国运动生理学发展史上一个重要里程碑。

我国运动生理学有影响的人物应首推王义润教授，她是我国生理学界的创始人，是我国首位体育学博士研究生导师，指导并培养了一大批高水平运动生理学专业人才，为我国运动生理学的发展作出了突出贡献。陈家琦教授作为我国运动生理学界德高望重的专家，长期以来从事运动生理教学、研究工作，特别是在运动与气体代谢方面取得了显著成果，近几十年，我国的运动生理研究取得了长足的发展，有些研究成果已经接近或达到国际先进水平，特别是在优秀运动员身体机能的生理、生化监测、高原训练的生理、生化适应及机理、中医药恢复手段的应用研究等领域已取得大量高水平的科研成果。

第二节 运动生理学的研究现状及发展趋势

一、当前运动生理学的几个研究热点

（一）最大摄氧量的研究

乳酸阈（LTA）的概念是根据血乳酸浓度变化和运动强度变化关系而提出的。目前国内外常常以4mmol/L作为乳酸阈值，这种现象是很严格的。所以，有关学者根据运动时和运动后的血乳酸动力学特点，求出了受试者的个体乳酸阈值，因此提出了个体乳酸阈（ILAT）的概念。实践证明个体乳酸阈指导运动训练已经成为运动生理学和运动生物化学的重要研究课题。

Skinner、Brooks、David、Costill、Cooper等人，研究了不同速度跑时肌乳酸拐点和酶活性，耐力项目对个体乳酸阈、最大吸氧量和心输出量的影响，不同运动项目乳酸阈、肺通气阈的关系，以及最大摄氧量在康复医学和运动处方中的应用等。研究表明，最大摄氧量是评价耐力运动员身体机能的重要指标，两者有着极大的正相关。自动气体分析仪的出现，使得在运动实践



中用直接法测定最大摄氧量成为现实,也使得最大摄氧量这一指标在运动科研和实践中的应用更加广泛和深入。目前,运动员最大摄氧能力的研究与应用仍然是运动生理学的重要课题。

(二) 对氧债学说的挑战

氧债学说是 Hill、Meyerhof 和 Margria 等人提出并完善的。以前一些生理学家对氧债、氧亏和无氧阈时 3 个错误的概念提出争论后,使人们在这一方面大强度之后是否产生氧债提出了置疑,同时也引起了生物学界的关注。Brooks 等人研究表明:人体在从事时间较短的力竭性运动项目之后,血乳酸的浓度是持续升高的,而此时的耗氧量已经恢复到安静时的水平了。从而证明了,“氧债”概念的不正确性,指出了“运动性过量氧耗(EPOC)”的概念与以下因素有关:(1)运动导致的体温升高,使肌肉代谢水平升高;(2)运动恢复期 CP 合成量增多使耗氧量增加;(3)运动恢复期血液中的儿茶酚胺类物质继续保持较高的水平,导致耗氧量的增加;(4)钙离子刺激线粒体,使呼吸加强,导致耗氧量增加;(5)甲状腺素和糖皮质激素的作用导致耗氧量增加。随后的无氧阈的推出就有些站不住脚了,把一个无氧阈看成当最大摄氧量达到一个程度时,导致血乳酸急剧增加的拐点,称为乳酸阈。

(三) 钙离子对机体运动能力的影响

近 20 多年来,对细胞内 Ca^{2+} 浓度的变化与运动能力关系的研究日益增多。有关研究显示:剧烈运动后骨骼肌运动能力下降,物质代谢的紊乱和骨骼肌纤维超微结构的改变等均可能和胞浆内 Ca^{2+} 浓度升高有关。分析其升高的原因,有以下几方面:(1)细胞外 Ca^{2+} 因其通道开放或细胞膜损坏而流入细胞中;(2)肌浆网的摄钙能力降低;(3)钙泵功能障碍等。

目前,研究细胞钙代谢的主要方法有:(1) Ca^{2+} 敏感电极法(Ca^{2+} 选择性微电极)可以直接测定肌细胞中游离 Ca^{2+} 浓度,比较简单,不需要进行组织提取;(2)激活发光蛋白法。对 Ca^{2+} 敏感的蛋白水母素,可同 Ca^{2+} 结合而产生蓝色荧光物质,从而测定胞浆的钙离子。

(四) 运动与骨骼肌的机能

超过习惯负荷的运动训练或体力劳动能引起骨骼肌延迟性酸痛,肌肉僵硬,收缩和伸展功能下降,运动成绩降低。因此,受广大的体育工作者重视,提出的假说也很多:(1)Hough 提出了“组织撕裂”假说;(2)DeVriesH 认为:骨骼肌延迟性酸痛是由于“局部缺血——痉挛”所致,从而提出了痉挛学说。SchwaneJA、Hikida RS、Siegel A J、HagermanF C、Lamb D 等人认为,在激烈的运动之后产生的肌肉酸痛与肌肉损伤或肌纤维的结构改变有关;(3)段昌平等发现,大负荷运动后骨骼肌超微结构改变;(4)李晓楠、屈竹青等在免疫电镜下观察到大负荷运动后,Z 线和 M 线发生不同程度的改变和消失,进一步研究发现,与胞浆的浓度的延迟性升高在时间上是具有一致性的。

(五) 关于运动性疲劳的研究

自 1880 年莫索(Mosso)研究人类疲劳开始,运动性疲劳就成为运动生理学和运动医学的核心问题之一。

卡波维奇(Karpovich)把疲劳定义为:“疲劳是工作本身引起工作能力下降的现象。”1982 年第五届国际运动生化学术会议,将疲劳定义为:“机体的生理过程不能维持其机能于一特定水

平上和（或）不能维持预定的运动强度。”从上述的定义中可以看出，疲劳是一种机体的整体机能水平或工作效率降低的生理现象，应同疾病和运动训练中的过度训练相区别。运动性疲劳是一个特别复杂的生理过程。它是由运动引起的全身多器官和系统机能变化的综合结果。因此，必须从整个机体的角度来考虑这一问题。

运动性疲劳可分为中枢疲劳和外周疲劳。从中枢到骨骼肌细胞再到细胞内的物质代谢过程，中间任何一个环节或这些过程综合变化，都可造成疲劳。近年来提出的疲劳制链或运动性疲劳突变理论，都力图从多方面说明运动性疲劳的发生原因，使运动性疲劳的理论更完善，以便更科学地掌握消除疲劳的方法。

目前，对运动性疲劳产生机制的认识已从单纯的能量消耗或代谢产物的堆积，向多因素综合作用的认识发展。研究水平也已由细胞、亚细胞的结构与功能变化深入到生物分子或离子水平。

（六）关于运动对自由基代谢影响的研究

1956年 Harman 在分子生物学的基础上提出了自由基学说，认为在生物体内进行的新陈代谢过程中会产生一些副产品，这些副产品称为自由基。自由基又称为游离基，系指外层轨道上含有一个或一个以上未配对电子的分子、原子、离子或基团。

Dillard 和 Davies 等人的研究证实，急性剧烈运动可使体内自由基的浓度增加。自由基增加可能同下列几个因素有关：一是剧烈运动时体内的代谢过程加强，氧自由基的生成增加；二是剧烈运动时，乳酸的堆积抑制了清除自由基酶的活性，使自由基清除率下降；三是由于运动时体内有些物质可自动氧化而生成自由基，如儿茶酚胺类、还原型细胞色素 C、血红蛋白、肌红蛋白等物质在剧烈运动时均可自动氧化而生成自由基。

运动引起体内自由基含量增多，会导致脂质过氧化反应加强，而对组织和细胞造成损伤。这些损伤表现在下列几个方面：（1）运动性贫血和血红蛋白尿。剧烈运动时红细胞内氧合血红蛋白自动氧化速率加强，从而产生大量自由基，使红细胞膜脂肪质过氧化，降低了细胞膜的变形能力，脆性增加，导致红细胞溶血，最终发生血红蛋白尿和运动性贫血；（2）造成肌肉疲劳。剧烈运动后，过多的自由基可攻击肌纤维膜和肌浆网膜，使其完整性受到破坏，造成一些离子的转运与代谢紊乱。另外也可以使线粒体的呼吸链受到破坏，使 ATP 的生成发生障碍，导致肌肉的工作能力下降，加速疲劳过程的发展；（3）延迟性肌肉酸痛。目前已有证据显示，延迟性肌肉酸痛与自由基损伤有关。

研究表明，有氧运动可提高体内的抗氧化酶的活性，可有效地清除运动过程中产生的过量自由基。另外可以补充外源性抗氧化剂，如维生素 E、维生素 C 及一些中药也可有效地提高人体抗氧化能力。

（七）运动对心脏功能影响的研究

1975 年德国学者罗斯特（Rost）首先把超声心动图应用于运动人体科学的研究中，使得对运动员心脏功能的研究提高到一个新的阶段。用超声心动图研究运动员心脏功能具有操作简单、安全、无损伤、重复性好等优点。因此，国内外许多运动生理学学者都采用此法对各类运动员的心脏功能进行了研究。特别是对超声心动图图形分析的计算机系统的出现，使得对运动员心脏形态结构的研究、心脏泵血功能的研究以及心脏运动过程中心肌血液供应的研究更加依靠超声心动图。



1994年,心钠素(Atria Natriuretic Polypeptide)的发现,从分子水平内分泌方面改变了人们对心脏的传统认识,证明心脏不仅是一个循环器官,而且还是人体内一个重要的内分泌器官,心脏所分泌的心钠素具有利钠、利尿和舒张血管等作用。近年来发现,心脏不仅是心钠素的分泌器官,同时也是心钠素作用的靶器官之一,长时间耐力性训练所导致的心率减慢及血压降低都与心钠素的作用有关。

(八) 运动与控制体重

目前,肥胖已经成为影响人类健康的世界性问题。有关运动与控制体重的研究越来越受到运动生理学工作者的重视。有关运动控制体重的研究主要集中于引起肥胖的机理、肥胖的评价方法、运动减肥方法和运动减肥机理等方面。

近年来,运动生理学界对肥胖机制以及运动减肥机理的研究较多,研究内容也日益加深,主要集中在肥胖的中枢调定点机制和神经内分泌机制方面。

研究表明,单纯运动或单纯节食的减肥效果不如运动加节食。限制能量摄入结合有氧运动是最佳减肥方案。有大肌肉群参加的长时间、中等强度运动能量消耗多,且不会引起运动性损伤,因此能有效地达到减肥目的。一般减肥运动的运动后即刻心率达到自身最高心率的70%~80%,运动时间为20min左右或更长,每周运动3~4天。常用的减肥运动方式有慢跑、越野跑、自行车、健美操和游泳等。

(九) 运动与免疫机能

运动对人体免疫机能的影响是近年来运动生理学十分关注的课题之一。虽然人们习惯地认为运动员抗病能力高于一般人,但科学研究却显示,运动员和非运动员安静状态下的免疫机能没有显著差异。大量的研究表明,适当的运动对免疫机能有良好的影响。中等强度运动能提高人体的免疫机能,增强抗病能力。

尽管适当的中等强度运动可以提高人体的免疫机能,但越来越多的研究表明,大负荷运动后,人体的免疫机能却下降。而且,运动强度越大,持续时间越长,对机体免疫学机能下降越明显。大负荷运动后,由于人体的免疫机能下降,病毒和细菌易侵入人体而发病。因此有学者提出了运动后免疫机能变化的“开窗(open windows)”理论。

由于运动形式的多种多样,而且影响人体免疫机能的因素很多,造成运动对人体的免疫机能影响的多样性。可以预言,在相当长的时间内,运动对人体免疫机能的影响仍然是运动生理学要研究的重要课题。

二、运动生理学的发展趋势

科学技术的进步使运动生理学的研究日益深入、研究方法技术也日趋先进。在生命科学世纪,运动生理学的发展在继续从分子水平深入研究的同时,围绕功能问题展开整合调控的研究是运动生理学发展的重要方向,在整合性研究中充分发挥基础研究的应用价值。细胞、分子水平的研究已深入到细胞内部环境的稳态及其调节机制、细胞跨膜信息传递的机制、基因水平的功能调控机制等方面,在整体水平研究方面,充分运用学科的交叉渗透进行深入的研究。

一些经典的研究手段方法,如心肺功能检测、能量代谢、血液流变学、身体组成等,仍有



广阔研究空间。在人类基因组计划完成的后基因组时代，竞技运动生理学研究更注重从基因与运动能力的遗传角度研究人体运动能力、运动员选材等方面的分子生物学机制；研究组成人体运动能力的某些特定性状的遗传与变异规律；运动心脏重塑的基因表达发生机制；细胞凋亡和氧化应激等信号传导途径；基因选材的研究等。

透过现代的先进科技、仪器设备以及全新观念，为传统运动生理学的课题继续深化研究和普及赋予新的生命，为基础研究提供了大量灵敏高效的仪器设备和相应的技术，包括如体成分分析仪、电学检测、化学分析、显微操作，电子放大和计算机技术、核磁共振技术（MRI）、计算机 X 线断层摄影技术（CT）、自旋共振技术（ESR）、生物芯片技术（Biochip Technology）、反转录一聚合酶链式反应方法（RT—PCR）、基因表达、激光扫描共聚焦显微镜技术、信息科学技术、纳米科技、克隆技术、干细胞技术将在运动生理基础和应用研究中获得空前发展。先进方法手段的应用显示了运动生理作为一门成熟学科在新的科学时代发展的生命力。

未来整合运动生理学研究的重要方向将通过致力孕育及发展竞技运动和大众健身理论的研究来揭示人体运动规律，提高运动潜能，倡导健康促进计划。这样不但使得运动生理学在传统的研究领域（肌肉活动、循环与呼吸系统反应、运动的神经控制机制、体型与身体组成、环境与运动生理反应等）方面拥有更加深入的发展，而且有关运动生理学与遗传医学、生物化学、免疫学、营养学等学科的整合性研究，更促进运动生理学的进展，使个体可以实现更加积极和健康的生活方式，推动竞技体育与大众健康事业的发展跨入一个崭新的时代。

第二章 肌肉的活动

第一节 肌肉简介

一、肌肉的概念

肌肉 (muscle) 在全身各部的分配不尽相同,但仍有一定规律。躯干肌按层次分布,四肢肌按关节对抗分布,颈肌按层次和支架分布,面肌则围绕裂孔分布。应注意肌纤维的方向、阔肌肌质和腱质的分布特点、四肢肌跨过关节的部位。肌与肌之间形成肌间结构。四肢的肌间结构是血管神经的通道,体壁的肌间结构有些成为薄弱部位,在体腔压力增大时易形成疝。血管神经出入肌的部位称为肌门,在切取带蒂的肌瓣或肌皮瓣时应注意肌门的定位,以免损伤进出肌门的血管神经。

二、肌肉的细微结构

(一) 肌原纤维

骨骼肌由束状排列的肌细胞组成,又称肌纤维。一条肌纤维由许多肌原纤维组成。在光学显微镜下,肌原纤维纵向由明暗相间的区域构成一段段的肌小节。通过电子显微镜,可以观察到每一小段肌小节由粗肌丝和细肌丝组成,如图 2-1 所示。

1. 粗肌丝

粗肌丝直径约为 10nm (10^{-8}m),主要由肌球蛋白分子组成,其螺旋状的两束缠绕起来形成粗肌丝主干,其球状头部突出在主干表面,形成横桥(图 2-2)。横桥上有能与三磷酸腺苷(即 ATP)结合的位点,被激活后其位点可与细肌丝上相应位点结合,产生逆向摆动,牵引细肌丝向粗肌丝中部滑行。

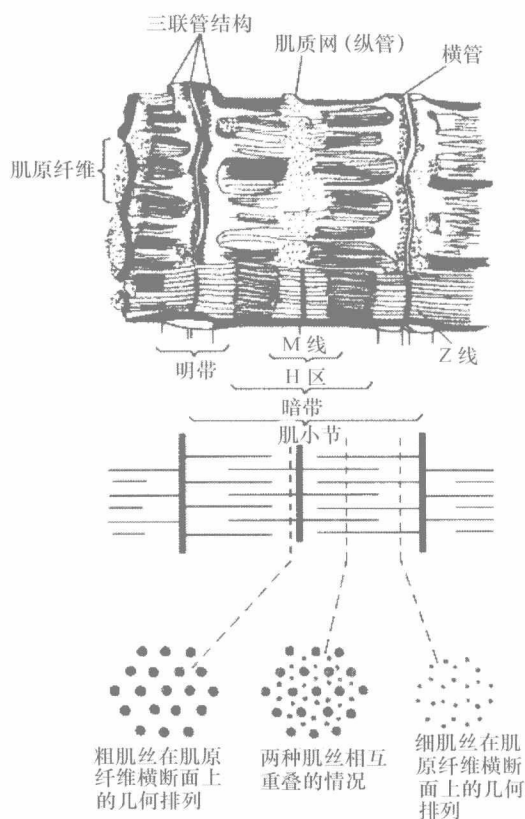


图 2-1 肌纤维结构模式图

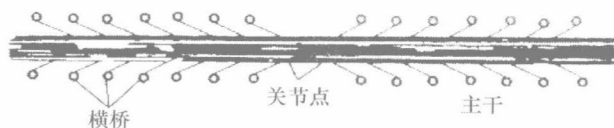


图 2-2 粗肌丝及横桥示意图

2. 细肌丝

细肌丝分布在粗肌丝之间，直径约为 5nm，主要由球形的肌动蛋白分子纵向聚扭成双螺旋状（图 2-3）。细肌丝上有与肌球蛋白结合的位点。细肌丝上还有原肌球蛋白和肌钙蛋白。细肌丝和粗肌丝通过横桥的结合产生滑行。

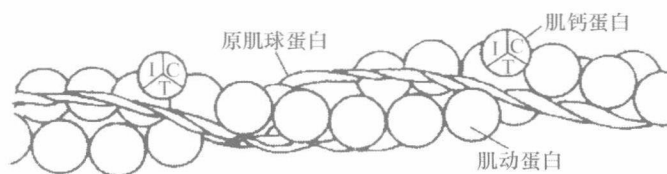


图 2-3 细肌丝结构示意图

（二）肌管系统

1. 横管系统

横管是肌细胞膜向着与肌原纤维垂直的方向凹入的部分，其作用是将肌细胞膜的兴奋传入细胞内（图 2-1）。

2. 纵管系统

纵管是肌细胞膜沿着肌原纤维平行方向分布的部分，在每个肌小节的中间形成膨大的终末池（图 2-1），可以储存、释放钙离子。钙离子在收缩过程中起重要作用。

三、肌肉的分类

（一）骨骼肌

骨骼肌是可以看到和感觉到的肌肉类型，当健身者通过锻炼增加肌肉力量时，锻炼的就是骨骼肌。骨骼肌附着在骨骼上且成对出现：一块肌肉朝一个方向移动骨头，另外一块朝相反方向移动骨头。这些肌肉通常随意收缩，意味着想要收缩它们时，神经系统会指示它们这样做，骨骼肌可以做短暂单次收缩（颤搐）或长期持续收缩（破伤风）。

（二）平滑肌

平滑肌存在于消化系统、血管、膀胱、呼吸道和女性的子宫中。平滑肌能够长时间拉紧和维持张力。这种肌肉不随意收缩，意味着神经系统会自动控制它们，而无需人去考虑。例如，胃和肠中的肌肉每天都在执行任务，但人们一般都不会察觉到。