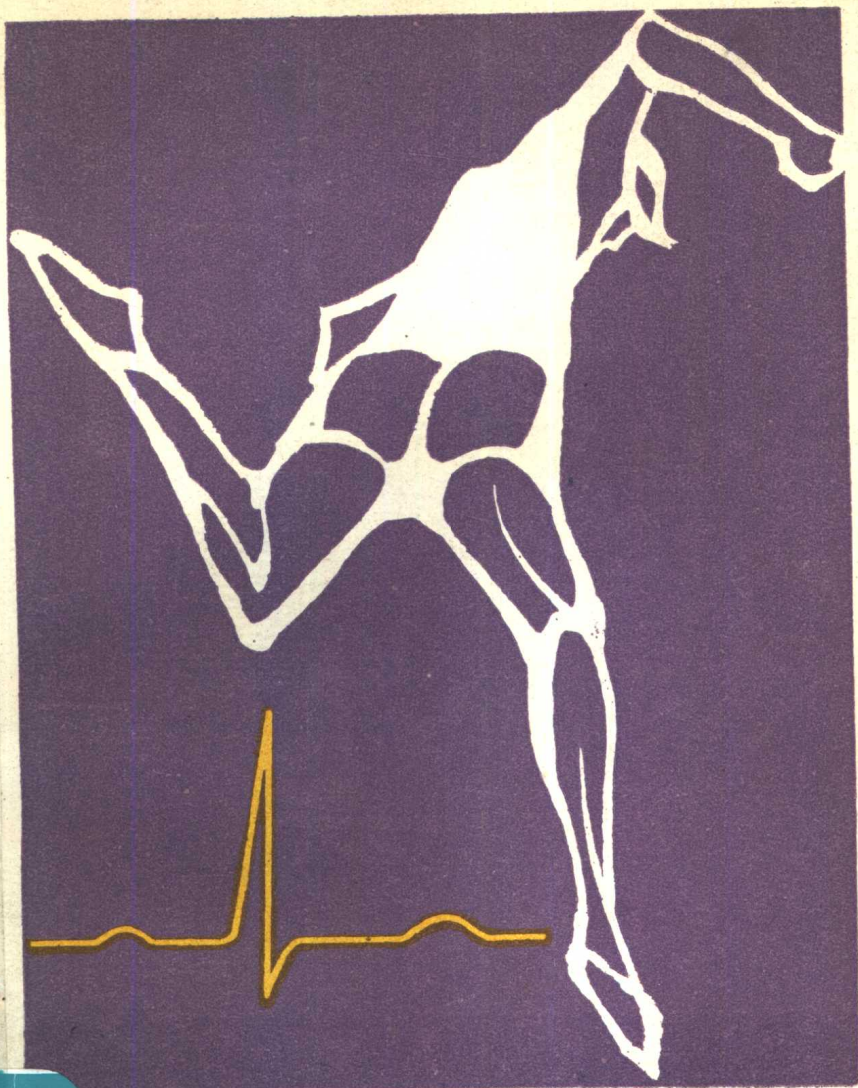


高等学校试用教材



运动生理学

运动生理学教材编写组

高等教育出版社

高等学校试用教材

运动生理学

运动生理学教材编写组

高等教育出版社

内 容 提 要

本教材是根据原教育部 1980 年颁发的“高等师范院校体育专业教学计划”(试行草案)的要求编写的。全书共分肌肉的工作、运动技能的形成、氧运输系统、运动中能量的供应、身体素质的生理学基础、运动各阶段人体功能水平的变化、体育教学与训练的生理学基础、某些运动项目的生理特点等八章。

本书可作为高师体育系、科及体育学院教材，还可供运动生理和运动医学工作者、体育教师、教练员、运动员参考。

高等学校试用教材

运 动 生 理 学

运动生理学教材编写组

•

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

•

开本 850×1168 1/32 印张 9.875 字数 234 000

1986年9月第1版 1991年1月第5次印刷

印数 24 621—32 632

ISBN 7-04-000414-3/Q·47

定价 2.85 元

编写说明

本教材是根据国家教委会(原教育部)1980年颁发的“高等师范院校体育专业教学计划”(试行草案)和1982年“关于组织编写高等师范院校体育专业各科教材的通知”要求编写的。由国家教委会委托湖南师范大学为编写召集单位。

运动生理学是高师体育专业的专业基础课,是在学生已掌握人体生理学的基础上开设的。在教材编写过程中,我们认真总结了多年来的教学经验,并汲取了国外运动生理学教材的长处,加强了本课程的基础理论和基本知识的阐述,注意反映本学科近期发展的新成果;贯彻理论与实际相结合的原则,充分阐述青少年生理功能的年龄、性别特征,尽量反映中学体育教学及业余运动训练影响人体各功能及其适应性变化的一般规律。

教材初稿经1982年11月在杭州大学、1983年7月在福建师范大学二次讨论修改后,在全国高师体育系、科内部使用,以广泛征求意见,总结经验。1984年根据高师体育专业教材编审委员会审订的运动生理学教学大纲,于11月在湖南怀化师专召开了第三次教材讨论会,总结了使用中的经验和问题,再次进行了修改。并于1985年4月在重庆召开审稿会。参加审稿会的有陆绍中(国家体委科研所)、陶心铭(上海体育学院)、王步标(湖南师范大学)、邓树勋(上海师范大学)。

参加本教材编写的单位和人员有:湖南师范大学王步标、肖泽亮,北京师范大学张志贤,杭州大学华明,上海师范大学邓树勋,福建师范大学洪泰田,东北师范大学梁桂香。由王步标、邓树勋根据编委会的意见,对各章进行了修改,最后由王步标修改定稿。

本书在编写中，曾得到杭州大学、福建师范大学和湖南怀化师范专科学校大力支持，还得到河北师范大学王秀玲、华南师范大学李妙琴、南京师范大学张一鹏、云南师范大学许永佩、西北师范学院汪锡福、河南师范大学许蕴璋、宛霞、东北师范大学金岭松和湖南师范大学曾凡弟等的指教，在此一并表示感谢。

本教材虽经内部试用并三易其稿，但由于高师运动生理学作为独立的一门课程尚属首次，既无经验，又缺资料；限于我们业务水平，因此在体系和内容上，存在不当与错误之处，敬请批评指正。

运动生理学教材编写组

1985年于长沙

目 录

绪论	1
一、运动生理学的研究目的和任务	1
二、运动生理学研究的基本方法	1
三、运动生理学与其他学科的关系	4
四、运动生理学的发展	5
第一章 肌肉的工作	8
第一节 肌肉工作的特征	8
一、肌肉工作的形式	10
二、肌肉工作的力学表现	15
三、肌肉的机械功和功率	23
四、肌电图在了解肌肉工作中的作用	27
第二节 肌纤维类型与运动能力	29
一、两类肌纤维的形态、功能特征	30
二、人体骨骼肌中两类肌纤维的分配	37
三、肌纤维类型与运动能力	39
四、训练对两类肌纤维的影响	40
第二章 运动技能的形成	46
第一节 记忆痕迹与运动构型	47
一、信息的来源	48
二、记忆痕迹与运动构型的形成	50
三、感觉反馈的作用	53
第二节 运动条件反射	55
一、运动技能的生理学本质	55
二、运动技能形成的过程	56

第三节 影响运动技能形成和发展的因素	60
一、大脑皮层的兴奋状态	60
二、多通道感觉信息	60
三、发挥感觉反馈的作用	62
四、其他影响因素	64
第三章 氧运输系统	66
第一节 运动和训练对氧运输系统的影响	67
一、肺功能	67
二、血液的载氧功能	71
三、心血管系统的功能	72
第二节 运动中氧的供需	74
一、需氧量、吸氧量和耗氧量	74
二、氧债	76
第三节 最大吸氧量	79
一、最大吸氧量的表示方法与正常值	80
二、最大吸氧量的测定	82
三、影响最大吸氧量的因素	87
四、训练对最大吸氧量的影响	98
五、促进最大吸氧量增进的因素	102
第四节 无氧阈	104
一、无氧阈的测定、表示方法和正常范围	103
二、无氧阈与其它生理指标的关系	108
三、无氧阈值的意义	109
第四章 运动中能量的供应	111
第一节 人体安静时和活动时的能耗量	113
一、安静时的能耗量	113
二、常人和运动员每日平均能耗量	114
三、体育运动时的能耗量	117
四、肌肉工作的机械效率	122

第二节	人体运动时的能量供应过程	124
一、	肌肉活动的直接能源——ATP	124
二、	肌肉活动时 ATP 的再合成	124
三、	肌肉活动过程中能源物质的动用	128
第三节	人体内三种能量系统的特性	132
一、	磷酸原系统	132
二、	乳酸能系统	135
三、	有氧氧化系统	137
第四节	体育运动与能量连续统一体	138
一、	能量连续统一体的概念	138
二、	能量连续统一体的形式	139
第五节	能量系统理论在体育实践中的应用	144
一、	着重发展起主要作用的能量系统	144
二、	训练方法的选择	146
第五章	身体素质的生理基础	149
第一节	力量素质	149
一、	力量素质的分类	150
二、	力量素质的生理基础	151
三、	力量素质的自然增长	154
四、	力量素质的训练	157
第二节	速度与速度耐力素质	167
一、	速度和速度耐力素质的生理基础	167
二、	速度和速度耐力素质的自然增长与训练	170
第三节	一般耐力素质	174
一、	一般耐力素质的生理基础	174
二、	一般耐力的自然增长与训练	178
三、	发展耐力素质方法的生理学分析	179
第四节	灵敏和柔韧素质	181
一、	灵敏素质	181

二、柔韧素质	182
第六章 运动各阶段人体功能水平的变化	184
第一节 赛前状态和准备活动	184
一、赛前状态	184
二、准备活动	187
第二节 进入工作状态和稳定状态	190
一、进入工作状态	190
二、稳定状态	195
第三节 运动性疲劳和恢复过程	196
一、运动性疲劳	196
二、恢复过程	211
第七章 体育教学与训练的生理学基础	218
第一节 儿童少年的生理特点	218
一、运动系统	219
二、氧运输系统	223
三、供能系统	227
四、神经系统	229
第二节 体育教学与训练原则的生理学基础	230
一、全面身体发展	230
二、循序渐进	234
三、区别对待	235
第三节 运动负荷的生理学分析	239
一、影响生理负荷量大小的主要因素	240
二、体育教学与训练的适宜生理负荷量	241
第四节 若干训练方法的生理学分析	247
一、重复训练法	247
二、间歇训练法	249
三、持续训练法	251
四、循环训练法	252

五、比赛训练法	253
第五节 体育教学与训练效果的生理学评定	254
一、评定体育教学和训练效果的常用生理指标	254
二、体育教学与训练效果的生理学评定方法	262
第八章 某些运动项目的生理特点	272
第一节 运动项目的分类	272
一、按肌肉活动特征分类	272
二、按动作结构特征分类	273
三、按运动强度分类	273
四、按发展身体素质分类	275
第二节 周期性练习的生理特点	276
一、跑	276
二、游泳	283
三、滑冰	288
第三节 非周期性练习的生理特点	290
一、体操	290
二、投掷	293
三、武术	294
第四节 混合性练习的生理特点	298
一、球类	298
二、跳跃	302

绪 论

一、运动生理学的研究目的和任务

运动生理学是研究人在体育运动中，或在长期系统的体育锻炼影响下，人体各种功能发展变化规律的一门学科，它对人们合理地从事体育锻炼或科学地组织运动训练有着重要的指导意义。

运动生理学是高等师范院校体育系、科的专业基础理论课。学习运动生理学的目的是：(1)掌握在体育运动影响下人体各种生理功能，如肌肉活动、心肺功能、能量供应的适应性变化及其规律；明确体育锻炼对提高人体各种活动能力，如力量、速度、耐力等的作用及其生理机制。(2)掌握体育锻炼及运动训练的基本生理学原理，特别是青少年生理功能的年龄、性别特征与体育锻炼的关系，为科学地从事体育教学和青少年业余训练奠定理论基础。(3)初步掌握评定人体功能能力的基本科学方法和依据人体功能变化特点从事体育教学和训练的生理学原理。

二、运动生理学研究的基本方法

运动生理学的研究对象是人，通过对人体的实验测定而获得人体各种功能发展变化的规律。也可以动物作为实验对象，以便在特定的条件下对运动所引起的某一生理现象或生理机制进行深入观察，特别是当这种实验要损及机体时。例如，将动物完成某一

动作的肌群中的协同肌的肌腱切断，而使主动肌长期单独承担全部负荷，以观察慢性超负荷对肌肉肥大的影响；又如，将雄性实验动物去势而造成雄激素缺乏，以研究雄激素对运动能力的影响。

对人体的实验和测定常用的方法有：(1)运动现场测定法。这种方法是在运动现场直接对运动者运动时（包括运动前、运动中、运动后即刻和恢复期，或运动中完成某项练习后）某些生理变化进行测定。这种测定方法的特点是符合运动的实际情况，且随着遥测仪器的使用，已能在运动过程中直接对某些生理指标进行测定，如心率。但这种方法易受运动环境、运动者的心理状态等因素的影响，研究条件不易控制，影响测量的准确性，对正确的分析也造成一定的困难。(2)实验研究法。包括横向研究和纵向研究两种方式。横向研究是通过同时对不同年龄、或不同性别、或不同训练水平、或不同运动项目的人群，进行一过性实验测定，从中得出某些生理功能变化规律。如通过对10—18岁各年龄组的青少年台阶试验后的心率测定，以了解青少年台阶试验后心率变化的年龄特征。纵向研究是对同一组或同一受试者进行较长时间的甚至多年性的连续追踪研究。

实验研究法的具体方法又可分为模拟训练法和功能的测试及评定。模拟训练法是让受试者按照一定的研究目的而设计的实验方案。例如在实验室内利用一定的训练器械，如跑台、自行车功量计、各种力量训练装置等进行实验性训练。并在训练前后或训练中，对要研究的生理功能进行测定，以了解采用各种锻炼和训练方法（如不同训练方式、不同强度、不同间歇时间等等）时的生理变化特点，以及对人体某些生理功能的特定影响。这种方法的优点是研究条件容易控制，重复性好，对要研究的问题能做较深入的分析，但易受设备的限制而不能大规模使用。功能的测试和评定是通过不同年龄、不同性别的经常锻炼者和不锻炼者，或不同训练

水平、不同运动项目的运动员，在同一条件下，如安静时、定量工作时、剧烈工作时的各种生理功能状态或变化进行测定，以了解体育锻炼和运动训练对提高人体各种生理功能的作用和规律。

目前，由于新的研究方法的建立和新的科学仪器的采用，如肌组织活检法的创立，微量、超微量分析和遥测技术(如遥测心电、肌电等)的采用，运动生理学的研究不论在广度上和深度上都日益发展。特别是分子生物学出现后，运动生理学在继续进行宏观研究的同时，如对心肺功能的研究，也开始微观的即分子水平的研究，如运动训练与两类肌纤维功能特性的关系的研究。

人体是一个对立统一的整体，任何运动活动的实现，除有赖于不同肌群协调有序地用力收缩和舒张以完成巨大的外功外，还有赖于有大量的能量充分供应。例如，剧烈运动时，能耗量比安静时增加到几倍至十几倍，这时，不仅需氧量较安静时增大几倍到十几倍，同时代谢产物也相应的增多。因而必须充分动员身体中呼吸、循环和排泄等器官的功能，使之与肌肉工作协调配合，为肌肉运动提供所需要的氧，清除代谢尾产物和维持内环境的恒定。这样，运动才能得以持续进行。而呼吸、循环和排泄等器官的功能之所以能与肌肉工作协调配合，主要是依靠神经调节和体液调节的整合作用而实现的。可见，运动时各器官功能的协调作用是十分重要的，凡身体中各器官功能的协调能力越好，则运动能力也相应越高。因此，从某种意义上说，运动生理学是从整体水平来研究人体功能的科学。这一点对于我们在分析某些运动生理的研究结果时，或在设计某项运动生理学实验研究方案时，具有重要的指导意义。

人体对运动的精确反应，取决于运动的强度、时间、频率，也与周围环境条件和个体生理状态有关。这些均是在进行运动生理学实验研究中需要考虑的问题。以运动强度而论，运动强度不同，机体

的反应或对机体的影响也不同，也只有能客观精确地确定运动强度，实验才能前后一致地多次重复进行。按照运动强度对机体的影响，通常将它区分为四级，即极量运动、亚极量运动、中等强度运动、轻度运动。由于运动的强度与能耗量成正相关，而能耗量又与吸氧量成正相关，故在运动生理的实验研究中，目前多以单位运动时间内(分)的吸氧量来评定运动强度的大小。吸氧量通常用本人最大吸氧量的百分比来表示，以便于比较分析。一般认为，运动时其吸氧量低于本人最大吸氧量 25 % 的强度属轻度运动；相当于本人最大吸氧量 50 % 的强度称中等强度；相当于本人最大吸氧量 75 % 的强度属亚极量强度；相当本人最大吸氧量 90—100 % 以上的强度属极量强度。由于在不同强度运动时，吸氧量与心率成正相关，故还可用心率来估计运动强度。此外，还可根据运动时的吸氧量与安静时吸氧量的比值、运动中单位时间内的跑速等，来区分和评定运动强度。上述问题将在各相应章节中叙述。

三、运动生理学与其他学科的关系

运动生理学是在人体生理学的基础上发展起来的一门分支学科，它与人体生理学有着密切联系。例如，运动时，一方面人体泵血功能的变化及其调节同样服从于人体生理学所阐明的基本规律；另一方面，在长期系统的体育锻炼的影响下，人体泵血功能也定向地发生变化，有些运动(如长跑)可促使心室腔增大，另一些运动(如举重)可促使心室壁肥厚而心室腔不变。

运动生理学与运动生物化学关系也很密切，一方面，运动生物化学是在运动生理学的基础上发展起来的；另一方面，运动生物化学所阐明的运动时人体内的生化变化规律，对认识运动时人体生理功能的变化具有重大意义。例如，运动生物化学揭示，在训练影响

下,快肌和慢肌纤维中酶活性变化规律,对认识两类肌纤维中的运动功能就具有重要意义。运动生理学也是体育保健学和体育测量学等课程的基础,体育保健中的功能评定,体育测量学中有关功能测定方法的应用,均是以人体生理学和运动生理学所阐述的基本理论,基本知识和基本技能为基础进行的。

四、运动生理学的发展

运动生理学是一门很年青的科学。对人体在运动状态下生理变化的研究,虽在 19 世纪末和 20 世纪初就已开始,如法国的拉格兰热(F. Lagrange)、英国的班布里奇(F. A. Bainbridge)、美国的麦肯齐(Mckenzie)等,他们的工作对以后运动生理学的发展起了奠基作用。但运动生理学作为一门独立的学科,不少学者认为是在本世纪 20 年代由英国的希尔(A. V. Hill)开始建立起来的。

希尔和他的同事从本世纪 20 年代起,对肌肉收缩现象进行了系统的研究,虽然他们的大部分详细的研究是在离体的肌肉上进行的。但有许多研究是在运动中的人体上完成的。希尔曾先后出版了《肌肉的活动》、《人的肌肉运动——影响速度和疲劳恢复的因素》和《有生命的机械》三书,这些书中一些论点,特别是有关肌肉工作的论点至今仍为生理学者所引用。

丹麦的科罗(A. Krogh)在 20 世纪对运动和环境的生理反应进行了广泛的研究。科罗和他的学生阿斯姆森(B. Asmussen)提出了设计专门的运动生理实验研究和标准化的重要性,促进了运动生理学的研究从描述性观察走向实验研究。至今,哥本哈根的科罗研究所仍是运动生理研究的一个重要基地。本世纪 50 年代以来,北欧的运动生理研究更是硕果累累,如奥斯特兰德(P. O. Åstrand),撒尔汀(Saltin),埃森(Essen),罗达尔(Rodahl)等,他们

不仅在运动与心肺功能、最大吸氧量在运动中的实践应用等宏观研究方面做出重要贡献,而且利用组织活检的方法,进行两类肌纤维及其亚微结构的功能特性与运动能力的研究,把运动生理的研究水平推向微观即分子水平。其中,奥斯特兰德撰写的“运动生理教科书”,以瑞典、丹麦的运动生理学工作为中心,集世界各国最新成果之大成,应用与理论并重,是当今有代表性的运动生理学专著。

在美国,早在本世纪初就对肌肉运动的动能学进行了重要的研究,而迪尔(D.B.Dill)和他的同事从20年代到40年代中期,在哈佛疲劳研究室完成了许多关于对运动和环境的生理反应的研究,其中,他们创建的一些功能试验方法,如哈佛式台阶试验至今仍在应用。50年代以来,运动生理学在美国获得更广泛的发展,涉及运动生理学的各个方面,如伯格斯特龙(Bergstrom)、福克斯(E.L.Fox)、麦卡德尔(W.D. McArdle)等关于运动与代谢反应方面的研究,科斯蒂尔(D.L. Costill)关于肌纤维类型的研究等。此外,在运动与激素、运动与环境等方面也取得重要的成果。

苏联对近代运动生理学发展也作出重要的贡献。早在19世纪末,俄国生理学文献中已记载有研究运动时人体功能变化的报道。但至十月革命后,运动生理学才形成一门独立的学科,并建立了自己的体系,其著名的学者有克列斯托夫尼可夫、法尔费利、吉姆金、雅可甫烈夫等。克氏的《运动生理学论文集》及其主编的体育学院用《人体生理学》教科书,早在50年代就在我国翻译出版,对促进我国运动生理学的发展起了一定作用。

在日本,吉田章信1916年编著的《运动生理学》一书,是亚洲最早的一部运动生理学著作。但日本现代运动生理学的拓建者,则应首推猪饲道夫,他领导的研究室不但为日本培养大量现代运动生理学人材,并在运动生理学与运动生物力学进行综合研究方面

也做出很大贡献。

运动生理学在我国成为一门独立的科学，约比国际上运动生理学的发展晚 30 年左右。我国第一部运动生理学专著，是蔡翘 1940 年编写的。但在这一阶段，有关运动生理学的具体研究工作却进行得甚少。

全国解放后，随着科学、教育和体育事业的发展，运动生理学的研究也有很大的进展。1957 年北京体育学院为我国首次培养出运动生理学研究生。其后，在高等学校体育系中也先后成立了运动生理学教研室。1958 年成立了体育科学研究所，其中设置了运动生理学研究室，这是我国第一个专门研究运动生理的科研机构。1961 年出版了我国第一本高校体育系用人体生理学（含运动生理学）自编教材。1964 年在北京举行的全国第一届体育科学论文报告会和 1966 年在长沙举行的第一届运动医学专题学术讨论会上，发表了有一定数量和质量的论文。

70 年代中期，我国运动生理学的教学、科研工作迅速获得蓬勃发展。为适应人才培养的需要，高等学校分别按体育学院和师范院校体育专业编写了教学大纲和教材，总结了我国自己的教学、科研经验，反映了运动生理学界科研新成果。不少学校开始培养攻读硕士学位的研究生。不少省市的体育科研所，相继设立运动生理研究室，专门从事运动生理的研究。目前，我国在最大吸氧量、无氧阈，运动与心功能、运动与肌电图以及青少年的体质、生理特点等基础研究方面都取得一定的成果。同时，也开始了运动与肌纤维类型的研究。可以预期，随着我国经济体制和教育体制改革的实现，教育、科技、体育事业的发展，运动生理学也将在我国取得更大的成就。

（湖南师大 王步标）