

新世纪高等师范院校专业系列教材



运动生理学

主编 吕新颖



XINSHIJI

GAODENGSHIFANYUANXIAOZHUYANYEXILIEJIAOCAI

新世纪高等师范院校专业系列教材

编 委 会

学 术 顾 问 王德滋 孙义燧 袁振国

朱小蔓 谢安邦

编 委 会 主 任 周建忠 任天石

编委会副主任 左 健

编 委 会 成 员 (按姓氏笔画为序)

王兴林 左 健 任天石

许金生 刘 建 刘海涛

刘焕彬 吴孝成 陈江风

余三定 金鑫荣 周建忠

赵大字 赵立兴 郭 永

熊术新 黎大志 薛家宝

戴修法

总 序

随着我国科教兴国战略的进一步实施,教师教育改革与发展“十五”规划的全面展开,全国教师教育结构稳步调整,教育资源逐步重组,以现有师范院校为主体的教师教育体系不断完善。就师范学院层次而言,我国 2002 年已有师范学院 70 所;另有 28 所师范专科学校通过合并升格为综合学院,仍然保留教师教育的职能与任务。也就是说,这一层面的师范院校已达百所之多。随着办学规模的迅速拓展,一般师范院校普教在校生数均在五千至万人左右。在这种情况下,无论是有四十年办学历史的老校,还是刚刚由师专、教院等为基础升格的新校,都面临诸多的困惑与挑战:一、原有的办学模式的制约因素。传统的师范院校满足于培养“灌输”型的教师,师范院校的课程设置与教材基本上立足于“够用”这一标准,在前瞻性、系统

SA105/03

性等方面比较欠缺。二、区域空间制约因素。传统师范院校往往满足于为本地区范围培养人才,缺乏交流与流动,与当前涌现的跨地区,甚至是国际性的人才培养方式和培养需求严重不适应。三、规模与质量等矛盾性制约因素。在高等教育规模发展的同时,迫切要求办学水平和办学质量的提高,而课程和教材往往是决定质量的关键性因素。传统的师范院校在课程建设、课程开发以及教材建设方面投入不足、重视不够。四、新技术、新时代发展的挑战。网络技术的发展,校园网的普及,网上学校和网络课程的出现,这些对传统师范教育模式无疑会带来冲击。显然,传统师范教育中教材内容陈旧和滞后,已经不能适应日新月异的形势发展需要,也不适应教师和学生的教与学的要求。因此,必须研究和解决高等师范院校课程与教材面临的这些共同性问题。

高等师范院校的课程与教材关系到人才培养的规格与质量,也是高等师范院校教学建设和教学改革突破口。教师、学生、课程这三个要素中,教师主导和学生主体必然以课程作为中介性载体。“课程”内容不是凝固不变的,而是随时代、社会、教师、学生等因素的变化而不断改变。课程开发的核心不在于创造出更多的课程,而是充分挖掘课程内涵,拓展课程边际,不断更新课程内容,更加贴近学生。而所有这些都必须通过教材体现出来。由此可见,教材在高等师范院校教育教学中具有极其重要的地位和作用。

2001年3月,国家教育部在《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的文件中,要求各高校“以邓小平理论为指导,全面贯彻国家的教育方针和科教兴国战略,面向现代化、面向世界、面向未来,认真贯彻全国第三次教育工作会议精神,深化教材改革,全面推进素质教育。加强组织领导,加大资金投入;实施精品战略,抓好重点规划,注重专业配套,促进推广选用。”

“为了贯彻教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》、《基础教育课程改革纲要(试行)》、《义务教育课程设置实验方案》,加强教师培养、培训工作的针对性与主动性,推进高等师范

院校课程设置与开发,推进课程建设与教材建设,立足“师范学院”这一特殊而庞大的办学层次,围绕师范院校责无旁贷的服务属性,我们全国十二个省(自治区)二十余所师范院校与南京大学出版社联合攻关,组成“新世纪高等师范院校课程开发与教材建设研究”课题组和《新世纪高等师范院校专业系列教材》编委会,致力于课程设置、课程结构、课程内容与教材特色的研究,探索并建立适应本层次院校办学实际的人才培养课程结构、课程内容和教材建设体系;通过校际合作,学科互补,明确高等师范学院课程的基本结构和主要标准,推出真正适合本科层次、又不同于综合性师范大学的系列教材。本课题已获得江苏省政府教育科学“十五”规划课题立项、全国教育科学“十五”规划课题立项,同时也得到了教育部领导、教育部师范司领导的高度重视和大力支持。

在课题研究的基础上,我们提出了《新世纪高等师范院校专业系列教材》的编写宗旨和编写原则。首先,要本着“守正出新”的精神,坚持学术规范,坚持实事求是的科研态度,系统介绍本学科的基本知识,广泛吸收目前已有的优秀研究成果,在“守正”的基础上力求挖掘新资料,提出新问题,发现新视角,彻底转变传统教材只考虑教师“教”,不研究学生“学”,不注意培养学生探索精神、自学能力和创新能力的倾向,体现基础性、学术性、前沿性和探索性的统一。其次,要具有针对性。要面向高等师范院校(主要是刚升格的高等师范学院)这一个特殊的教学层面,根据这一层面的师资和学生的实际情况开展教材编写工作,处理好难易程度的关系、“守正”与“出新”的关系、基础课与专业课的关系、中等教育与高等教育如何衔接的关系、师范性与非师范性的关系。针对本层次院校学生的不同需求,在平实、实用的基础上,引导学生进入学术研究领域;同时,重视基础教育课程改革的进展,关注中小学教材的变革和不同版本,并做出呼应和对策。第三,“精品战略”与“人才战略”互动发展。每种教材的主编一般由在学术上有较高造诣的教授或博士担任,参编者一般为副教授或硕士。通过课题研究,推动高质量教材的编写;通过教材的编写,

进一步培养、选拔本层次院校的学科带头人,使得教材建设和人才建设两方面都取得丰硕的成果。

最后,我们热忱地欢迎全国师范院校的专家学者或参加本课题的共同研究,或对《新世纪高等师范院校专业系列教材》提出宝贵意见,让我们一起开创我国高等师范教育美好的明天!

新世纪高等师范院校专业系列教材编委会

2002年6月

目 录

绪 论.....	1
第一章 细胞生物电现象.....	5
第一节 细胞基本结构和物质转运功能.....	5
第二节 神经的兴奋与传导.....	8
第二章 肌肉的活动	17
第一节 肌肉的收缩	17
第二节 肌肉收缩的形式及力学分析	31
第三节 肌纤维类型与运动能力	38
第四节 肌肉中结缔组织及功能	45
第三章 肌肉活动的神经控制	47
第一节 神经调节方式概述	47
第二节 脊髓对躯体运动的调节	48
第三节 脑干对肌紧张和姿势反射的调节	53
第四节 高位中枢对肌肉活动的控制	57
第四章 呼吸	62
第一节 肺通气	62
第二节 肺换气	68
第五章 血液	71
第一节 概述	71
第二节 血液的组成	72
第三节 血液的理化特性	75

第四节	血液的功能	76
第六章	血液循环	83
第一节	心肌的生理特征	84
第二节	心泵功能	87
第三节	血管生理	97
第四节	心血管活动的调节	108
第七章	最大摄氧量(VO_{2max})和个体无氧阈	116
第一节	最大摄氧量(VO_{2max})	116
第八章	物质代谢	130
第一节	消化	130
第二节	吸收	136
第三节	体育运动对消化机能的影响	139
第四节	糖、脂肪和蛋白质在体内的分解代谢	140
第五节	体育运动与糖代谢	149
第六节	代谢尾产物的排泄	151
第九章	能量代谢	159
第一节	机体能量的来源与去路	159
第二节	能量代谢的测定原理与方法	161
第三节	影响能量代谢的主要因素	165
第四节	运动时能耗量的计算及其意义	168
第五节	人体运动时的能量供应	171
第十章	内分泌系统	181
第一节	概述	181
第二节	人体的内分泌系统	183
第三节	某些激素对代谢的调节	189
第四节	体育运动对内分泌系统机能的影响	204
第十一章	感觉	210
第一节	感觉的形成概述	210

第二节	视觉·····	215
第三节	位觉·····	220
第四节	其他感觉·····	225
第十二章	神经系统的整合功能·····	231
第一节	神经元间的功能联系与反射·····	231
第二节	运动时神经系统对人体功能的整合·····	241
第十三章	运动技能的形成·····	250
第一节	条件反射·····	250
第二节	运动技能的形成·····	255
第十四章	运动过程中人体功能变化的规律·····	267
第一节	赛前状态与准备活动·····	267
第二节	进入工作状态和稳定状态·····	270
第三节	运动性疲劳·····	273
第四节	恢复过程·····	279
第十五章	运动素质的生理基础·····	285
第一节	力量素质·····	286
第二节	速度素质·····	300
第三节	耐力素质·····	306
第四节	灵敏素质·····	314
第五节	柔韧素质·····	316
第十六章	体育教学训练原则和方法的生理学分析·····	320
第一节	儿童少年的生理特点·····	320
第二节	女子的体育教学与训练·····	326
第三节	教学训练原则的生理学分析·····	332
第四节	运动负荷的生理学分析·····	337
第五节	训练方法的生理学分析·····	341
参考文献 ·····		349
后 记 ·····		350

在一个文化生活倍受大众关注的时代里,体育无疑要成为人们关注的焦点。人的潜能有多大?人体运动的能量来自何方?兴奋剂为何有那么大的魔力?怎样才能有效的减肥?这一切无疑是人们较感兴趣的话题,也是需要运动生理学回答的问题。

绪 论

运动生理学是在人体生理学的基础上发展起来的一门应用性学科,它和运动解剖学、体育保健学等共同构建了体育专业教学中的有关人体科学的理论体系,是体育专业教学中的一门主干课程。

一、运动生理学的研究对象

运动生理学是人体生理学的一个分支。“人体生理学”是研究人体机能活动规律的科学。

“人体机能”是指人体整体及其各组成系统、器官所表现出来的生命活动现象。如:肌肉活动、呼吸、循环、消化、排泄等。

“运动生理学”则是研究在体育活动的影响下人体的这些机能变化规律的科学。一般说来,运动生理学的研究是从人体整体,器官和系统,细胞和分子三个不同的水平进行的。

整体水平研究 整体水平研究是指在整体水平上研究人体在一定的环境条件下运动时,人体各系统、器官之间的相互关系,以及人体各系统、器官对运动的反应和适应过程。如:研究人体运动时肌肉

工作能力、心血管系统的机能、呼吸系统的机能、内分泌机能物质和能量代谢等的变化,以及它们对运动的适应程度。

器官、系统水平研究 人体运动时整体机能的表现,是建立在各器官、系统机能活动密切协调配合的基础之上。因此,探讨人体运动时的机能变化,必须对各器官系统的机能进行研究。如:运动时心血管系统的机能会发生较大的变化,表现为心率、血压、心输出量升高。对引起这些指标升高的因素和变化特点的研究,就是器官、系统水平研究。

细胞、分子水平研究 器官是由一些具有特殊功能的细胞群所组成,各器官、系统的生理机能取决于这些具有特殊功能的细胞群,而每个细胞的生理功能又依赖于构成细胞的生物分子。细胞、分子水平的研究主要是研究运动时细胞内各亚微结构的机能,以及生物分子的特殊理化变化过程。有关运动时骨骼肌超微结构变化,收缩蛋白的结构和代谢水平变化,线粒体、生物膜、酶系统等机能的变化,就属于细胞、分子水平的研究。

上述三个层次的研究既有区别,又紧密相关。细胞和分子水平的研究,有助于揭示生命现象的最本质的基本规律,并对理解其它层次的生理活动过程具有普遍的指导意义;器官和系统水平的研究,有利于把复杂的整体生命活动化整为零地分别进行研究,从而更加准确、方便地把握机体的生命活动规律;对这两个层次的研究和分析,都是为了能更准确地理解整体活动规律。但是,整体生理活动规律并不等于组成人体各器官、组织、细胞生理功能的简单总和。所以,要全面的理解某一生理机能,必须在三个层面的基础上进行分析、综合。

二、运动生理学的目的、任务

运动生理学是通过对人体短期运动的反应和长期运动的适应规律的专门研究,为体育教学和运动训练提供生理科学依据,对运动实

践有着重要的指导意义。其具体的任务是：

(1) 在正确认识人体机能活动基本规律的基础上,进一步探讨在体育运动影响下人体机能产生适应性变化的生物学规律及其生理机制;

(2) 掌握体育教学和运动训练的一些基本生理原理,特别是不同年龄、性别特征与体育运动的关系,为科学地进行体育教学和运动训练提供生理依据;

(3) 初步掌握评定人体机能能力的基本原则和依据人体机能的变化特点从事体育教学和运动训练的基本原理。

三、运动生理学研究方法及与其他学科的关系

运动生理学的各种理论和观点绝大部分是从实验中获得、总结出来的,并不断在实践中受到检验。所以,实验研究法是运动生理学研究的基本方法。通过人工创造的条件,使一定的生理现象按所要求的空间和时间出现,借以观察和分析机能活动变化的过程及其因果关系。一些实验能在对人体无损伤的条件下进行,而另一些实验则需要给某些组织造成一定损伤,或必须摘取少量标本进行离体观察。因此,有相当一部分实验只能利用动物来进行。虽然人类和动物在许多特殊机能上有质的不同,但种属与人类相近的动物其基本机能还是与人类一致的。为了阐明某些在人体难以观察到的生理过程和机理,在正确估计人与动物的区别的前提下,即可采取动物实验的方法。

由于科学技术的发展,目前的实验手段有了很大的改进,为本学科的研究创造了良好的条件。利用各种遥测、换能、多导记录等技术,可以在不影响人体运动状态的条件下,获得更真实的实验数据,使整体水平的研究有了新的发展。而肌肉活检、电镜观察、微电极、生物免疫、生物化学、分子生物学等技术已把实验者的视野带进了细胞分子水平的微观世界。

人体机能和形态是密切联系的,因此,学习本学科不但要从人体生理学入手,还要掌握人体解剖学的基本知识;为了进一步阐明某些生理现象的产生机理,也要学好生物化学这一基础理论;由于运动生理学的研究范围限于人体在正常状态下的机能活动,所以它又需要与各种病理现象相鉴别,并为运动参加者的机能评定、医务监督等体育保健学的内容提供理论依据。

运动生理学是一门应用学科,为了提高它的应用功能,还要和体育教学与运动训练的实际工作以及其它基础学科相互配合,进行综合、系统、深入的学习和研究,才能对体育运动实践做出更大贡献。

思考题:

1. 运动生理学的研究对象是什么?
2. 体育专业的学生为什么要学习运动生理学?
3. 简述对运动生理学研究的三个不同层次。

我们知道,人体是由数以亿计的细胞构成的。但若将同等数量、同样形态、体积的物质按同样的方式组合在一起,我们并不能得到同样的一个人体。原因很简单:人体是一个有机的整体,每一个细胞和其它细胞之间都存在着一定的联系。那么,这种联系是如何实现的?又是如何发挥其生理作用的?为什么人体不仅能够协调好自身作为一个有机整体的正常运作,还能对外界的刺激做出迅速的反应?

存在于生物体内的电现象就是上述问题的本质因素。和自然界中的电现象相比,它们有着相同的基本特性。让我们走进小小的细胞内部,了解电现象神奇的产生、传递和作用机理。

第一章 细胞生物电现象

第一节 细胞基本结构和物质转运功能

一、细胞基本结构

细胞是生命活动的基本单位。细胞由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成。(详见解剖学)

1. 细胞膜

细胞膜作为细胞界膜,厚约 $7.5 \sim 10 \text{ nm}$,由脂质双分子层作为基架构成,其中镶嵌着许多蛋白质,同时结合有糖等其它成分,具有一定的流动性。

2. 细胞质

包括可分辨的细胞器(内质网、线粒体、高尔基体、溶酶体、核糖体等)和胶状物质称细胞质基质。

3. 细胞核

是细胞遗传与代谢的调控中心。主要由核被膜、染色质、核仁及核骨架组成。细胞核是遗传信息的储存场所,在这里进行基因复制、转录和转录初产品的加工过程,从而控制着细胞的遗传与代谢活动。

二、细胞膜的物质转运功能

细胞与其生活的内环境(具体说是组织液)之间,隔有细胞膜。细胞膜使细胞与周围环境保持相对独立,造成相对稳定的细胞内环境,并通过细胞膜与周围环境进行物质交换和信号传导等。细胞膜常见的物质转运形式有如下几种:

1. 单纯扩散

是一种不耗能量的被动的物理过程,是分子或离子从浓度高的一侧通过细胞膜向浓度低的一侧运动。由于细胞膜基架是一脂质膜,因而只有能溶于脂质的物质分子,才有可能由膜的高浓度的一侧向低浓度一侧运动。人体内依靠单纯扩散而通过细胞膜的物质是较少的,主要有 O_2 和 CO_2 等气体分子。

2. 易化扩散

是指一些不溶于脂质、体积过大的物质或亲水极具极性的物质,如钾、钠离子、葡萄糖、氨基酸等小分子物质,在细胞膜蛋白的帮助下,由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散或转运的过程,这一过程是不耗能的。一般认为膜蛋白至少以可区分的两种方式把这些物质转运出入细胞。一种是以“载体”为中介的易化扩散。即细胞膜中存在有各种载体如同连输的船,它首先在膜的一侧与某种特异性物质结合成复合体,然后从膜的这一侧运动或旋转到膜的另一侧,再与此种物质解离,从而将此物质运过细胞膜(如葡萄糖通过一般细胞膜)。载体扩散具有高度的特异性,只有某种特异性的化学结构物质才容

易通过,因此,一定的载体只能转运一定的物质。

另一种是以“通道”为中介的易化扩散,它们常与如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 这些离子由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的移动有关。所谓通道是指细胞膜中一些贯穿膜内、外的嵌入蛋白质,它好像一插入细胞双磷脂分子层中的管道,允许某一种离子或某一类物质沿浓度梯度扩散通过,故称做通道蛋白质或简称通道。由于蛋白质的化学构型易于改变,故通道蛋白质可在某些化学物质作用下或在膜电位改变的情况下改变构型,而使其通道开放或关闭,从而改变膜对某种物质的通透性。由于构型变化极为迅速,通道可以在数毫秒或数十毫秒之间的极短时间内形成,而后又迅速关闭,从而使膜可迅速改变该物质的通过量。

3. 主动转运

是被称做“泵”的膜蛋白质将某种物质逆浓度梯度的转运过程。即将物质由低浓度一侧通过细胞膜主动转运到高浓度一侧的过程,这是一种消耗能量的过程,犹如水泵消耗电能,克服水位差,将水从低处泵向高处一样。如细胞内氨基酸浓度是血液中的 2~20 倍,即是主动转运的结果。

人体细胞中存在着各种不同功能的“泵”,但在细胞的主动转运中最普遍的是“钾—钠泵”(简称钠泵)对钾、钠离子的主动转运。人和动物的各种细胞的细胞内、外,虽只有一膜之隔,但膜内、外钾、钠离子浓度差别却很大。正常时,膜内 K^+ 浓度约为膜外的 20~40 倍,膜外的 Na^+ 浓度约为膜内的 7~12 倍。现已知道,这种浓度差的形成和保持,是靠细胞膜上存在的“钠泵”对 Na^+ 、 K^+ 主动转运来实现的。这种浓度差的保持,则是细胞得以产生兴奋的物质基础(见后述)。钠泵又称为“Na-K 依赖式 ATP 酶”。人体消耗的总能量中,约有 20% 的能量消耗在钠泵的转运上(不同细胞这一比例不同)。除钠泵外,人体中还有许多重要的泵,如骨骼肌和心肌纤维内部的钙泵,甲状腺细胞上的碘泵等。

4. 出胞和入胞

上面叙述的三种物质转运形式,都是物质以离子或分子的形式通过细胞膜的。对于某些大分子物质或物质团块,还可通过膜的更为复杂的结构和功能的变化,使之进出细胞,可分别称之为出胞和入胞。出胞是指这类物质从细胞内排出的过程。如外分泌腺分泌某些酶原颗粒,内分泌细胞分泌激素,以及神经末梢释放神经递质,都是出胞的表现形式。当进行出胞时,细胞内含有上述分泌物的囊泡向细胞膜移动,最后与细胞膜接触并融合,并在融合处出现裂口,囊泡一次排出胞外。

入胞和出胞相反,指细胞外某些物质团块(如侵入体内的细菌、病毒或血浆中的大分子蛋白质等)进入细胞的过程,此时若进入物为固体物,称为吞噬,若进入物为液体,则称为吞饮。吞噬时,具有吞噬功能的细胞(如白细胞)先伸出伪足将异物包绕,然后发生细胞膜的融合和断裂,异物和包绕它的那部分细胞膜整个地进入胞浆,再由细胞中的溶酶体内的各种水解酶对它进行消化分解(即细胞免疫)。

第二节 神经的兴奋与传导

一、兴奋和兴奋产生的条件

(一) 兴奋

当机体生活的环境发生变化时,细胞、组织或机体的内部代谢和外部表现都将发生相应的改变,这种改变称为反应。环境中各种能引起机体发生反应的变化称为刺激。实验发现,当各种组织受到刺激时,虽然其外部反应表现可能不同,如肌细胞表现机械收缩、神经细胞的传导、腺细胞表现分泌活动等,但它们都有一个共同的最先出现的反应,这就是在受到刺激处的细胞膜两侧,产生一次电位变化,称作动作电位。各种细胞所出现的上述特有的外部表现都是由动作电位进一步触发引起的。因此,在生理学中,将组织受刺激后产生动作电位的过程或动作电位本身称为兴奋。