

全国高等职业技术师范教育类专业教材

全国高等农业技术师范教育教材指导委员会审定

动物生理学

李佩国 李培庆 李士泽 主编



中国农业科技出版社

全国高等职业技术师范教育类专业教材
全国高等农业技术师范教育教材指导委员会审定

动物生理学

李佩国 李培庆 李士泽 主编

中国农业科技出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物生理学/李佩国,李培庆,李士泽主编. —北京:
中国农业科技出版社, 2000. 4
ISBN 7-80119-929-4

I. 动… I. 李… III. 动物学:生理学 IV. Q4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 15786 号

责任编辑	沈银书
出版发行	中国农业科技出版社 邮编:100081
	电话:(010)68919711; 62173607; 传真:62189014
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	河北职业技术师范学院印刷厂
开 本	787mm×1092mm 1/16 印张:18.125
印 数	1~2 000 册 字数:415 千字
版 次	2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷
定 价	29.50 元

编写人员名单

主 编 李佩国 李培庆 李士泽

副主编 李蕴玉 赵 坤 郑雅文 薛瑞晨

编 者 (按姓氏笔划排序)

李士泽(黑龙江八一农垦大学)

李学斌(河南职业技术师范学院)

李佩国(河北职业技术师范学院)

李培庆(河南职业技术师范学院)

李蕴玉(河北职业技术师范学院)

张文香(河北职业技术师范学院)

张书杰(锦州畜牧兽医学校)

张香斋(河北职业技术师范学院)

张金萍(河南职业技术师范学院)

罗国玲(河南职业技术师范学院)

郑雅文(沈阳农业大学)

陈同焕(河南职业技术师范学院)

陈桂香(河南职业技术师范学院)

赵 坤(河南职业技术师范学院)

赵恒章(河南职业技术师范学院)

滑 静(北京农学院)

薛瑞晨(张家口高等农业专科学校)

主 审 张玉生

前 言

为贯彻落实《中国教育改革和发展纲要》和提高我国农村职业教育的办学水平。必须进一步深化和加快我国高等农业技术师范教育的改革。国家教委师范司首先选择了由传统的《农学》专业而改办的《农艺教育》专业为突破口,进行系统、整体教育改革,以此来推动整个高等农业技术师范教育的全面改革。国家教委师范司把研制《农艺教育》专业本科教学方案的工作委托给全国农技高师教育研究会来完成。国家教委师范司于1992年5月主持召开了专门会议进行布置。全国农技高师教育研究会组织了有关高校的专家、教授经过两年多的努力,于1994年底完成了《农艺教育》专业本科教学方案的研制工作。国家教委以教师字[94]8号文件颁发了《农艺教育专业本科教学方案(试行)》。(以下称《方案》),在全国农业技术师范院校和普通高等农业院校的职教学院、系(部)试行。这一《方案》是在科学总结多年来农艺教育专业改革实践的基础上,按照高等农业技术师范教育的规律和特点,根据我国农村职业教育师资的要求,以专业为单位全面系统改革的试验,是近年业高等农业技术师范教育重大的改革成果。

国家教委师范司为保证《方案》的全面实施和规范化办学。于1994年在安徽农业技术师范学院召开了《农艺教育》专业的教材建设会议。会上全国农技高师教育研究会根据国家教委师范司的要求,成立了由13人组成的高等农业技术师范教育教材建设指导委员会,具体负责组织《农艺教育》专业的教材建设工作。《方案》的试行,教材的试用对促进《农艺教育》专业全面深化改革和办学特色起到明显的推动作用。

国家教委师范司为了把这一《方案》所提出的办学指导思想、原则、课程设置、教育和教学等一系列改革意见逐步在其他各专业中也得以贯彻落实,进而加快我国高等农业技术师范教育的整体改革进程,以更好地适应我国农村职业教育发展的需要。决定在《方案》的指导下,逐步有计划地开展其他各专业的教学方案的研制工作。

国家教委师范司于1995年11月在广西农业大学主持召开了专门会议,正式委托全国农技高师教育研究会在《方案》的基础上继续研制《畜禽生产教育》、《园艺教育》和《农产品贮运与加工教育》三个专业教学方案。师范司领导同志提出要对《方案》试行过程中出现的问题进行总结,要有新的突破,再上新水平。会上讨论确定了参研人员和实施办法。在1996年5月宁波会议上对三个专业教学方案(草案)进行了论证,最后在1997年11月南昌会议上通过了这三个专业教学改革方案(草案)。并决定按规定的课程立即着手编写这三个专业的教材。高等农业技术师范教育教材建设指导委员会根据国家教委师范司的要求进行布置。为整体控制这三个专业教学的改革方向并达到其要求。在教材建设指导委员会的指导与组织下,先抓这三个专业的主要骨干课程的编写,尽快组织落实。为此,教材建设指导委员会于1997年底分别在河北昌黎、安徽凤阳分别召开了这三个专业的教材编写工作会议,决定这三个专业教材编写工作齐头并进。由教材建设指导委员会组织和审定,实行主编负责制。

会议要求这三个专业教材编写要认真总结《农艺教育》专业教材编的经验,使其质量

和水平更上一个新台阶。各种编写人员要本着立足当前,面向未来打破原有的教材体系、适应需要、整体优化、强化实践、重点实用和体现农技高师教育特色等原则认真编写。

《农产品贮运与加工教育专业》这套教材不仅适用于高等农业技术师范院校、普通高等农业院校的职教学院和轻工学院系(部)相应专业,而且也适用高等职业教育、成人教育相关专业的需要,也可作为相关专业技术人员、中等专业学校和职业学校参考用书。

高等农业技术师范教育是一个新兴的教育门类,虽然有十几年的发展历史,但在教育、教学等方面还有许多问题特别是教材建设需要继续探索,这三个专业的教材编写是在教学上又一次大规模的整体改革的实践。是否能准确地达到农技高师教育特定培养目标和培养规格的要求,尚需经过实践的检验。为此,恳请同行专家和使用这三个专业教材的广大师生以及广大读者提出宝贵意见,以便进一步提高这三套教材的编写水平,进而促进高等农业技术师范教育水平的提高,更好地适应我国农村职业教育发展的需要。

全国高等农业技术师范教育教材指导委员会
1998年2月

序 言

为贯彻落实国家教委职教司(94)8号文件精神,深化农技高师教学改革,依据1996年中国职教学会农技高师教育工作委员会组织各院校共同研制的畜禽生产教育专业教改方案新提出的培养目标、规格要求、教学计划、课程设置以及国家教育部教师司(1999)11号文件精神的要求,编写了《动物生理学》教材。

本教材以适应我国目前的市场经济发展及农业产业化要求为指导思想,尤其对畜禽养殖业迅速发展,畜牧产业在农业生产中所占比重愈来愈大的形势,对农技高师教育所培养的人才,必须具有相适应的理论基础和能力的要求。

本教材以够用、管用、实用为原则,体现了职业性、技术性、先进性和实用性。其内容的深度和广度适宜,并尽力反映当前有关内容的新理论、新技术、新成果等。

本教材内容包括绪论、体液与血液、循环生理、呼吸生理、消化与吸收生理、能量代谢和体温、泌尿生理、肌肉生理、神经生理、内分泌生理和生殖与泌乳生理。

本教材是畜禽生产教育专业重要的专业基础课教材之一,使学生具备最基本的畜牧和兽医基础知识,为兽医临床、畜禽生产实践提供理论依据。同时也为后续课程奠定理论基础。

本教材除适用于农技高师畜禽生产教育专业外,还适用于普通农业院校的畜牧(动物科学)、兽医(动物医学)、水产养殖、卫生检验等专业。还可作为高等职业教育相关专业选用教材,同时也可作为相关和相近专业教学及人员的参考书。

本教材在编写过程中由李佩国组、统稿,并根据出版社和农技高师教育教材建设指导委员会的修改意见和要求又进行了全面的修改与补充。由李佩国、张香斋、李蕴玉和张文香共同完成了一、二、三校任务。本教材请张玉生教授任主审。

由于水平有限,定有不当之处,请有关专家、同仁批评指正。

编 者

2000年4月10日

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 生命活动的基本特征	(4)
第三节 细胞膜的物质转运功能	(6)
第四节 细胞的生物电现象	(8)
第五节 机体生理功能的调节	(11)
第二章 体液与血液	(15)
第一节 体液	(15)
第二节 血液	(17)
第三节 血浆	(20)
第四节 血细胞	(22)
第五节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(29)
第六节 输血与血型	(34)
第二章 循环生理	(38)
第一节 心脏的生理活动	(38)
第二节 血管的生理活动	(56)
第三节 微循环、组织液与淋巴液	(63)
第四节 心血管活动的调节	(69)
第四章 呼吸生理	(78)
第一节 肺通气	(78)
第二节 气体交换和运输	(86)
第三节 呼吸运动的调节	(92)
第四节 家禽的呼吸特点	(97)
第五章 消化与吸收生理	(99)
第一节 概述	(99)
第二节 口腔内消化	(102)
第三节 胃内消化	(105)
第四节 小肠内的消化	(117)
第五节 大肠内的消化	(124)
第六节 吸收	(130)
第六章 能量代谢和体温	(139)
第一节 能量代谢	(139)
第二节 体温	(145)
第七章 泌尿生理	(155)

第一节	尿的理化性质及组成	(155)
第二节	尿的生成及其影响因素	(156)
第三节	尿液的浓缩与稀释	(169)
第四节	尿生成的调节	(172)
第五节	肾脏的内分泌作用	(175)
第六节	排尿	(175)
第七节	禽类泌尿特征	(177)
第八章	肌肉生理	(179)
第一节	骨骼肌的特性	(179)
第二节	骨骼肌的收缩	(180)
第九章	神经生理	(187)
第一节	概述	(187)
第二节	神经系统的感觉机能	(198)
第三节	神经系统对躯体运动的调节	(202)
第四节	神经系统对内脏活动的调节	(208)
第五节	脑的高级神经活动	(210)
第十章	内分泌生理	(214)
第一节	概述	(214)
第二节	下丘脑的内分泌功能	(225)
第三节	脑垂体	(227)
第四节	甲状腺	(232)
第五节	甲状旁腺和甲状腺“C”细胞	(235)
第六节	肾上腺	(238)
第七节	胰腺	(244)
第八节	性腺和性激素	(247)
第十一章	生殖与泌乳生理	(251)
第一节	概述	(251)
第二节	雄性生殖生理	(253)
第三节	雌性生殖生理	(257)
第四节	泌乳	(270)
第五节	禽类生殖	(277)

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、动物生理学的研究对象

生理学是研究生物机体内部正常的生命活动及其规律的科学。生物机体指的是一切有生命的个体,分为动物、植物、微生物等。因此,生理学又分为动物生理学和植物生理学等。动物生理学根据研究的对象不同又分为人体生理学、家畜生理学、禽类生理学等。但人们习惯于把人体生理学简称为生理学,动物生理学只是研究除人之外的动物生理的科学。在动物界由于动物的种类繁多,其生理功能有共同的方面,也有不同的方面。为此,又出现了专门研究某种动物的生理学和比较生理学。总之,生理学的领域十分广泛,常常人为地把它分成许多分支,每一分支常常既要有合理的限定范围,又要包括必需的基本原理,以及导出这些原理的研究方法和实验数据。例如,人体及哺乳动物的形态学和生理学、比较生理学、生态生理学、细胞生理学、普通生理学、内分泌生理学、神经生理学、生殖生理学、行为生理学等。

动物生理学是研究健康动物的生命现象、生理活动及其规律的科学。动物的种类不同,其生理活动存在着较大的差异,但就动物界而言,它们的生理活动又有着很多共同的规律。动物机体的生理活动都是以细胞内部一定的物质分子所进行的物理和化学变化为基础的。要认识生命的本质,就必须探究细胞内部的这些变化,从分子水平研究生命的物质结构与生命现象的关系,尤其是蛋白质的分子结构同生命现象的关系。

由于动物的进化,现养的畜禽和一些经济动物,都有着结构复杂的器官和系统,有形式多样的局部生理活动。这些局部生理活动构成了整体的生理活动。机体内任何个别器官系统的生理活动,在任何时期和任何情况下,都与其他生理活动保持着复杂而精确的普遍联系和相互制约关系,也都与机体当时的整体生理活动相协调。

动物在生活过程中总是与它的生存环境密切联系,生存环境的变化,常常是引起动物生理活动发生变化的外部条件,它通过动物机体的调控系统而影响机体的生理活动,当生存环境发生变化时,动物的生理活动就发生相应的变化。正是由于这些相应的变化,才使动物能够不断地适应变化的环境。例如,生存在平原地区和高原地区的动物,生存在北方地区和南方地区的动物,由于它们生存环境中的温度、湿度、气压、日照等条件的差别,生理活动就有许多不同的特点。总之,动物的全部生理活动,实质上是机体对环境各种因素的应答反应,是动物对环境条件的适应,也是动物机体与环境之间的辩证统一。

综上所述,动物生理学研究的应包含以下三个方面:第一,分子和细胞生理学,即从分子和细胞水平研究动物体内各种物质分子的结构、功能以及细胞内部进行的各种生理活动;第二,器官和系统生理学,即研究动物各组织、器官和系统的特殊生理活动,

以及它们之间的相互影响、相互制约关系;第三,整体和环境生理学,即研究动物各种生理活动协调统一的调控过程,以及整体活动与生存环境之间的辩证统一关系。以上三个方面,互相联系、互相补充。

二、学习动物生理学的目的和任务

动物生理学和其他学科一样,其理论基础来源于实践,反过来又为实践服务。因此,研究动物生理学的目的,不能只局限于对动物生理活动的简单观察和理解,而在于掌握了解动物生理活动规律以后,能动地运用这些规律,分析和解决实践当中的具体问题,通过干预和控制动物的生理机能,使它们转化为适应生产发展的需要,以便更有效地促进畜牧业和动物医学事业发展。近年来,广大的畜牧和动物医学工作者,在掌握动物生理活动规律的基础上,为提高动物的生产性能,防病治病做了大量的工作。例如,人工授精、精液冷冻、同步发情、试管绵羊、生物调控、强制换羽、疫病扑灭等新技术的使用和推广,使畜牧业生产和动物医学进入了一个崭新的阶段。

畜牧业是社会经济和现代化农业的重要组成部分,它的发展对于提供大量有机肥,保证农业增产,促进以畜产品为原料的轻工业生产,对于满足人民日益增长的对动物性食品的需要,以及开发畜产品经济,增加外贸收入等等,都具有重要的意义。因此,要迅速发展畜牧业,使农牧业向机械化进军,这就给动物生理学的研究提出了迫切而光荣的任务。例如,在实现畜牧业机械化的过程中,结合我国现有的生产水平,应当选用什么饲料,制定何种饲喂制度,才能提高饲料的利用率;采用多大强度的光照和光照时间、多高的温度和湿度,才能提高产蛋率,如何利用生物调控技术来提高生产性能等,这些问题都是动物生理学所研究和承担的任务。

动物医学是畜牧业生产的重要保证。在迅速消灭和控制动物传染病,制定防重于治的医疗方针上,动物生理学肩负着十分重要的任务。只有深入揭示动物正常生理活动的规律,才能不断充实和发展新理论,才能正确地认识疾病,合理分析致病原因,制定有效的防治措施,为畜牧业的发展做出贡献。

肉食品和其他畜产品的检验是保证人民身体健康,防止疾病发生的重要措施,要准确地迅速地判断畜产品的质量,首先应认识在生理情况下的各种变化,以便准确地分析原因,判断真伪。这就要求动物生理学加强这方面的研究。

三、动物生理学的研究方法

研究生理学的基本方法是实验。17世纪初,威廉哈威(William Harvey)首先把动物实验法引进生理学领域,奠定了近代生理学的基础。20世纪中叶,控制论开始向生物学渗透,使生理学明显地向定量化和精确化方向发展,引进了系统分析、数学模型和物理模拟等新研究方法,测试和观察的仪器也不断更新。但是,动物实验仍然是基本方法,所有其他方法都必须通过动物实验进行验证。

(一)动物实验

从17世纪初到20世纪中叶,生理学研究的主要领域是器官生理学,即研究各组织器官的功能活动。所用的实验方法可概括为急性实验和慢性实验两大类,其中急性实验又分为活体解剖实验法和离体组织器官实验法两种。

活体解剖法是在麻醉或破坏大脑的条件下,对动物进行活体解剖,暴露需要观察和研究的器官,给予各种刺激,观察、记录并分析所发生的各种反应。

离体组织器官法是从活体内切离某一组织或器官,放置在一定的人工环境下,使它在短时间内保持生理功能,然后观察、记录、分析它的生理功能。例如,将离体蛙心放置在任氏液中,离体肠段放置在台氏液中等。

总之,经过活体解剖的动物或离体的组织器官,只能在短时期内存活,观察研究也只能在短时期内进行,所以被统称为急性实验法。这类方法的优点是操作比较简单,实验条件容易控制,能对组织器官的功能进行直接观察和实验,并有利于深入研究个别组织器官的基本生理特征。它的根本缺点是有严重的片面性和局限性,不能反映各组织器官在机体内的正常活动情况,更不能代表机体在自然条件下的整体生理活动。

慢性实验法是对健康的实验动物施行手术,或者摘除、破坏某一器官,待手术动物恢复后,对其进行长期的系统观察和研究,这种方法的优点是能在尽可能接近正常生活的条件下,研究各个器官的功能活动,以及它在整体活动中的地位与作用。它的缺点是不便于深入分析组织器官的基本生理特性。

近30年来,由于电子仪器在现代生理学中被广泛应用,生理实验中计量温度、pH值、气流、液流、生物电位、容量、收缩力量和运动等都用转换器来完成。这类转换器把各种能量形式转变为电信息,后者又能迅速和精确地放大,并记录于示波器、多道记录仪、微电流计等仪器上,使生理学由定性的描述学科逐步向定量的精确学科过渡。同时,超显微技术,细胞化学和组织化学方法,生物化学和生物物理仪器,细胞分离和培养技术等也日见普遍地在生理学中应用,不但使原有的急性和慢性实验法越来越精细、灵敏、准确,而且还促使生理学的研究不断地向微观和宏观两个方向发展:一方面深入到细胞、亚细胞和分子水平,探索生命活动的基本规律;另一方面又使整体水平的生理学研究深入到群体生理、生态生理、行为生理和环境生理等领域。

(二)控制论的基本方法

1948年,N. Wiener发表了《控制论》,它是将自动控制、通讯、电子计算机等工程技术与神经生理、病理等生物学科互相交流、渗透,应用有关数学方法,逐渐形成的一门边缘科学。它研究各种控制系统的共性,自动化机械与生物机体中的控制和通讯的共同规律。例如,反馈原理既是工程中各种自动控制系统的基本原理,也是生物机体中各种生理调节系统的共同规律,又如,全或无规律,既是动物体内神经细胞兴奋、抑制活动的基本方式,也是数学计算机中触发器导通和截止的基本工作原理。现在,控制论的概念与方法已经广泛渗透到生物科学的许多方面。例如,应用电子计算机及各种自动化仪器,研究血压、呼吸和体温调节系统,模拟神经细胞、神经网络、神经系统和内分泌系统,分析视觉、听觉信息处理过程,探索各种感受器的信息传递和运动系统的控制问题。又如:利用计算机处理实验数据,把图象识别技术应用于心电图、脑电图、X光照片分析等。总之,控制论的渗透,是现代生理学最重要的发展之一。

控制论的基本方法主要有:“黑箱”和系统分析方法、数学模型和分析方法以及“类比”与模拟方法。(1)“黑箱”和系统分析(black box and system analysis):黑箱或灰箱是指具有某种功能,但还不清楚或不太清楚其内部过程的系统。例如,大脑有记忆、联想、学习等功能,而实现上述功能的形态、生理、生化等方面的内部细节,现在还不太清楚可识别为

“黑箱”。黑箱方法是指通过外部观测、分析黑箱的输入、输出关系及其动态过程,来研究黑箱的功能和特性,而不需要打开黑箱。黑箱方法现在已经发展成为控制论中的一个重要分支——系统分析。这种方法是通过外部观测所获得的数据,辨识系统的结构和参数,从而求得定量描述系统的输入与输出关系和状态的数学模型。其中涉及到试验设计、测试输入信号的选择、输出信号测试、试验数据处理方法、数学模型结构选择、参数估算方法等,是一种实验观测与理论分析相结合的方法。(2)数学模型和分析方法:为了对控制系统进行定性、特别是定量的分析,需要建立系统的输入与输出之间的定量关系,也就是控制系统的数学模型。最简单的数学模型是输入与输出的比例关系。一般情况下,控制系统的数学模型是微分方程。常用的是线性常系数方程。由于线性常系数微分方程的求解已有较成熟的数学方法,所以在控制论中,对具有线性常系数连续系统特性的控制系统,其数学模型也有了相应的分析与设计方法。(3)类比和模拟:数学模拟是数学上的类比方法,它根据实际系统的数学模型,利用电子模拟计算机进行数学模拟。它的特点是比较直观。

四、生理学的基本观点

在生理学中辩证唯物主义是思想指导,它体现以下几个基本观点:(1)机体生命活动的整体性。任何机体都是一个组织严密,各部配合高度灵活,并在统一调控下进行活动的整体。整体的生理活动,是由它的一切局部生理活动构成的,而各种局部性生理活动又都服从于整体,并与整体生理活动相适应。(2)机体与生存环境的辩证统一。机体为了生存,常常要求生存环境具有一定的条件。从进化过程看,机体的每一个生理特性都是在一定的生存环境条件下,经过长期相互作用而形成的。环境条件改变,机体的生理活动必然也会发生相应的变化。(3)机体生理活动的动态变化。机体的任何正常生理活动,总是不断在运动、变化和发展,并且遵循着矛盾运动的发展规律,不断地从量变发展成为质变。它们不论是处在量变状态还是处在质变状态,都有质量和数量界限,即生理界限。(4)机体生理活动的共同性和特殊性。从生物进化来看,畜禽都是高等脊椎动物,它们的生理活动,在许多基本方面都具有共同的特征。但由于进化过程的不同,生理活动又各自表现出不同的物种特性或个体特点。

第二节 生命活动的基本特征

一、新陈代谢

生物机体与环境不断地进行着物质和能量交换,以实现自我更新。这个过程称为新陈代谢。新陈代谢包括方向不同的两个过程,即合成代谢(同化作用)和分解代谢(异化作用)。合成代谢指的是机体从环境中摄取各种营养物质,合成自身成分的过程,如利用氨基酸合成机体本身的组织蛋白。分解代谢指的是机体分解自身的成分,并将分解后的小分子产物排到周围环境的过程,如把组织蛋白最终分解为二氧化碳、水和简单的含氮物质。

新陈代谢还包括相伴发生的两个方面,既物质代谢和能量代谢。物质分解时要释放能量,其中一小部分供机体活动的需要,大部分以热的形式释放于体外。而物质合成时又要吸收能量,并以势能的形式贮存起来。因此,我们把物质的合成和分解代谢称为物质代谢,

把伴随物质代谢而发生的能量释放、转化和利用过程称为能量代谢。

综上所述,合成代谢和分解代谢是对立统一、相互制约的;而物质代谢与能量代谢又是紧密相联、相互依存的。细胞或机体通过新陈代谢进行着自我更新,各种生命活动也无不以新陈代谢为其物质基础。新陈代谢一旦停止,生命活动也就随之告终。因此,可以认为新陈代谢是生命活动的最基本的特征。

二、兴奋性

机体生存的环境经常在变化,这些变化必然影响机体的各种生命活动。然而机体却能很好地适应这些变化,始终维持着机体内环境的相对恒定,并与外环境取得动态平衡,从而发展了生命活动并能继续生存下去。这一适应过程的实现首先依赖于机体能感受环境的各种变化。例如,外环境温度升高时,机体散热活动相对加强,产热活动相对减弱,以防止体温过高;外界温度下降时,机体散热活动相对减弱,产热活动相对加强,以防止体温过低。

一般将机体或细胞能感受内外环境的变化,并使其内部的新陈代谢发生相应改变的能力或特性,称为兴奋性或应激性。随着电生理技术的发展和实验资料的累积,现代生理学将活细胞受到刺激时产生动作电位的能力,称为细胞的兴奋性。可以根据动作电位的强度、持续时间、节律性、传播速度和发展过程来了解兴奋的特征和规律,并由此来判断细胞兴奋性的大小。

三、刺激与反应的关系

凡能为细胞或机体所感受的内外环境因素,统称为刺激。而由刺激所引起的细胞或机体的一切变化,统称为反应。在生理学中,刺激与反应乃是一对密切联系着的概念,两者具有因果关系,即刺激是因,反应是果。这就是说,由于刺激的作用,机体才能发生反应,而机体发生的反应又必然是某种刺激所造成的结果。

(一)刺激性质与反应的关系

内外环境中的各种刺激并不是对每一种细胞都能引起反应。例如,光线刺激能引起视觉细胞发生反应,而不能引起听觉细胞或痛觉细胞等发生反应。所以从生物学效应看,可把刺激归纳为两大类。第一类:凡是在自然条件下能引起某种细胞发生反应的刺激,叫做该细胞的适宜刺激,如光线为视觉细胞的适宜刺激;第二类:凡是在自然条件下不能引起某种细胞发生反应的刺激,叫做该细胞的不适宜刺激,如声音为视觉细胞的不适宜刺激。不同的细胞有不同的适宜刺激。同一种细胞不一定只有一种适宜刺激,而可以有好几种适宜刺激。

(二)刺激强度与反应的关系

适宜刺激要引起细胞发生反应,还必须有一定的强度。在生理范围内,若细胞的兴奋性不变,刺激强度越大,引起的反应就越强。一般把能够引起细胞发生反应的最小刺激强度,叫做刺激的阈值或阈刺激。各种不同的细胞或者同一种细胞在不同的功能状态下,由于兴奋性的高低不同,其阈刺激会发生变化。兴奋性越高,刺激阈就越小,兴奋性越低,刺激阈就越大。强度没有达到阈值的过弱适宜刺激叫做阈下刺激。在生理范围内,阈值以上的刺激称为阈上刺激。但如果刺激的强度超过了一定的生理最大限度,常常不再能引起细

胞的反应,甚至使细胞受到损伤。

(三)刺激作用时间与反应的关系

为了引起细胞发生反应,除需要一定的刺激强度外,还需要使刺激作用一定的时间。如果作用的时间过短,即使刺激强度达到阈值以上,也不能引起细胞发生反应。细胞的兴奋性越低,所需的刺激作用时间就越长,但是如果刺激的作用时间过长,细胞将对刺激发生适应作用而不引起反应。细胞对刺激发生适应作用时,它的兴奋性逐渐降低,刺激阈值逐渐升高,因而使原来足够引起反应的刺激逐渐变为阈下刺激而不再引起反应。细胞的兴奋性越高,它对刺激的适应作用就越快。总之刺激作用的时间和刺激强度要相互协调,恰到好处。

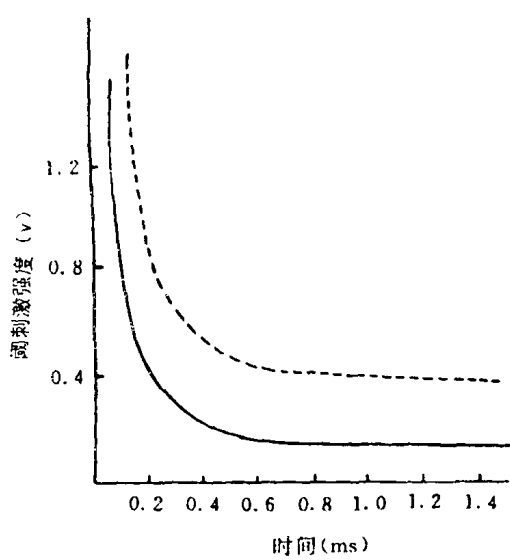


图 1-1 两条神经纤维的强度—时间曲线
实线表示粗纤维的曲线;虚线表示细纤维的曲线

(四)强度—时间曲线

刺激的强度和刺激的作用时间是引起细胞发生反应的两个必要条件,只有同时考虑这两个条件,才能全面地衡量细胞兴奋性的高低。试验证明,刺激强度越大,引起细胞反应的时间就越短;反之,刺激强度越小,所需的作用时间就越长。刺激强度和作用时间呈负相关,把这两个因素的依从关系用图解表示,就得到了接近于等边曲线式的强度—时间曲线(图 1-1)。曲线上的任何一点都代表具有一定的强度和作用时间的刺激。根据双曲线的位置来比较分析细胞的兴奋性。一般,兴奋性越低的细胞,双曲线的位置越趋向于右上方。

四、兴奋与抑制

兴奋和抑制是细胞对刺激的反应方式。机体中任何细胞在受到刺激作用后,它内部的新陈代谢过程可能发生两种不同形式的基本变化。一种是细胞内的新陈代谢活动增强和加速,表现为细胞的活动由相对静息状态转变为显著活动状态,或者由较弱活动状态变为较强活动状态,然后,各种细胞以其特有的结构和功能为基础,表现出各自特有的反应,这种反应过程称为兴奋。另一种基本变化是使细胞内的新陈代谢活动减慢或减弱,表现为细胞由显著活动状态变为相对静止状态,或由较强的活动状态变为较弱的活动状态,并使不同的细胞表现出另一类各自特有的反应,这种反应过程称为抑制。

细胞受到刺激后是发生兴奋还是抑制,一方面决定于刺激的性质、强度和作用时间;另一方面决定于细胞当时所处的功能状态。

第三节 细胞膜的物质转运功能

为了保证细胞内正常的新陈代谢,细胞膜必须有选择地连续进行各种物质的交换和转运。其转运类型有以下三种。

一、被动转运

溶液中的任何物质,包括溶剂和溶质的分子、离子,由于自身的不规则热运动,同一种物质总是从高浓度区向低浓度区移动。这种连续不断的运动,称为扩散。扩散的动力来自浓度差,因而并不额外消耗能量。若其他条件不变,扩散将一直进行到浓度差消失为止。

物质经细胞膜从高浓度一侧向低浓度一侧的转运与上述过程基本相同,只是因为有了细胞膜这道屏障,才表现出某些特征。大家知道,细胞膜的基本结构是脂质双分子层和镶嵌于其中的多种功能不同的蛋白质,因而各种物质通过这种膜时必然会遇到不同的通透条件,表现为不同的转运方式。

(一)单纯扩散

一些脂溶性的小分子可迅速溶解于脂质双层中,故单以浓度差为动力即可由高浓度一侧经膜扩散到低浓度一侧。这种扩散过程,称为单纯扩散。单纯扩散的特点是速率大,扩散主要取决于浓度差和膜的通透性。如 O_2 、 CO_2 、醇和脂肪酸等,既能溶于水,也可溶于脂质,因而当它们与细胞膜接触时,就能溶于脂质膜内,并进一步扩散到膜另一侧的水介质中。这种形式的扩散称为溶解扩散。

(二)易化扩散

1. 以载体为中介的易化扩散 某些难溶于脂质的物质或亲水物质,必须依靠中间物质(载体蛋白)携带才能通过细胞膜,这种形式的扩散称为易化扩散或载体扩散。一般来说,在载体充足而有效的情况下,易化扩散的通量主要取决于膜两侧的物质浓度梯度,即在一定的范围内,浓度梯度越大,易化扩散的通量就越大。

2. 经通道扩散 某些离子,必须借助于膜上的通道才能通过细胞膜。如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等正离子以及某些负离子(Cl^-)的扩散就是这样。通道由嵌入脂质膜的蛋白质构成,有一定口径,内壁带电荷。实验证实,通道并非始终敞开,而是有开有关,由通道上的闸门控制。关于闸门控制的机制,目前尚无定论。但已证实各种通道的开放和关闭具有电压依赖性的特征,即通道的启闭是随着膜电位的变化进行的。

二、主动转运

主动转运是指通过细胞膜上“泵蛋白”的活动,将某种物质由膜的低浓度一侧主动转运到高浓度一侧的过程。即逆电—化学梯度的转运。这种转运消耗的能量由 ATP 提供。

目前,对于细胞膜上的“泵蛋白”研究最多的是“钠—钾泵蛋白”,简称“钠泵蛋白”,能主动转运 Na^+ 、 K^+ 。细胞在静息状态时,细胞内的 K^+ 浓度为膜外的 20~40 倍,膜外的 Na^+ 浓度则是膜内的 7~12 倍。这一现象的存在,就是钠泵蛋白对两种离子主动转运的结果。

三、入胞和出胞

某些大分子物质和液体团块,是通过一种特殊的出胞和入胞机制进出细胞的。

(一)入胞

入胞是指某类物质进入细胞。其过程是:存在于细胞周围的某类物质先与细胞膜相接触,而后被膜“辨识”或吸附。此时,相接触的这部分膜,在结构和功能上发生变化,即膜出

现内陷或先伸出伪足将物质包围而后内陷,接着发生细胞膜的断裂与融合,使被包围的物质与细胞膜分离而落入胞浆,断裂处的细胞膜则发生融合。落入胞浆内的物质与胞浆内的溶酶体相接触,进而被溶酶体内的酶消化。如嗜中性粒细胞对细菌的吞噬就是通过入胞机制实现的。

(二)出胞

出胞是指某类物质由细胞内排出,其过程是:细胞内大分子物质和液体团块向膜内侧移动,先与膜接触而后与膜相融合,接着膜在融合处出现裂口,于是这些物质由裂口排出胞外,裂口两侧的膜逐渐靠拢吻合。如消化腺细胞将自身的酶原颗粒分泌到肠腔,神经末梢释放物质等,都是通过出胞机制实现的(图 1-2)。

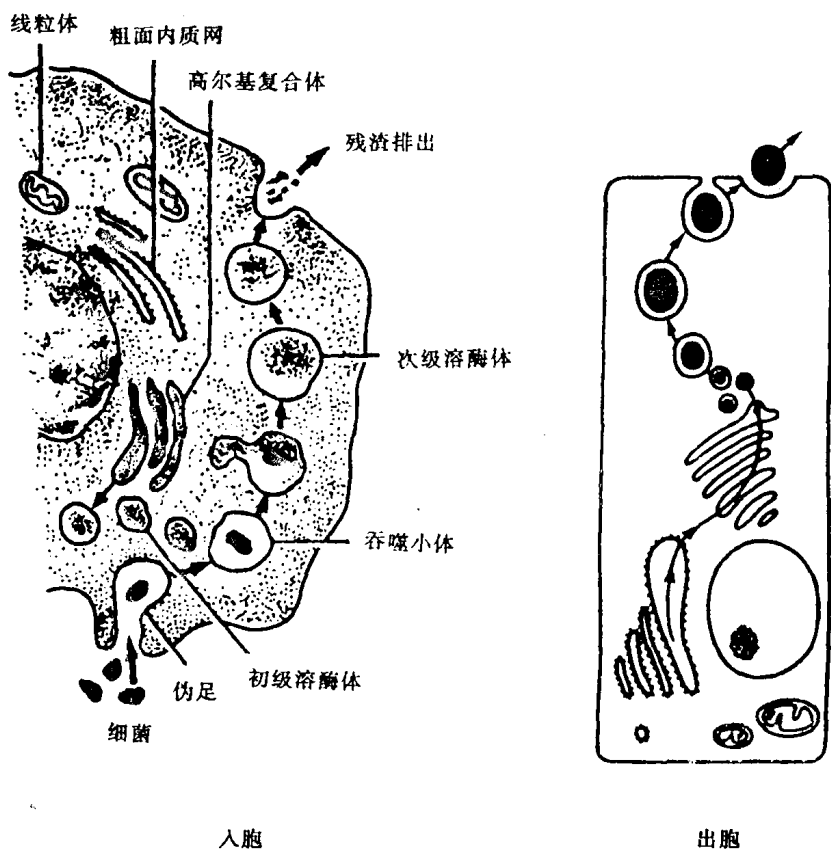


图 1-2 入胞和出胞过程示意图

第四节 细胞的生物电现象

生物电活动是活细胞的基本特征之一,也是细胞兴奋的重要标志。细胞的生物电活动有两种主要表现形式:一是在静息状态时表现的静息电位;另一种是在受到刺激后产生的动作电位。体内各器官或组织如心脏、脑、肌肉等所表现的多种形式的生物电现象,都是在细胞的这些基本电活动的基础上产生的。