



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

动物生理学

杨秀平 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

651

64-43

129

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

动物生理学

杨秀平 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 简 介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革”项目的研究成果之一,是“面向 21 世纪课程教材”。

本书主要面向全国高等农林、水产院校的动物生产类(含畜牧、水产养殖、经济动物养殖)、动物医学、野生动物资源保护、生物科学及生物技术等专业的本科学生。本书以哺乳动物为主要对象,论述生理学的基本理论,在此基础上对家畜、禽(鸟)类、鱼类及其他经济动物生理的特异性加以比较和融合。本书在某种程度上讲,既是基础生理学,又是比较生理学。书中采用了大量图、表,图文并茂,对生理学理论的论述具有很好的直观性;还介绍了生理学不同研究领域的新理论、新发现、发展趋势及前沿性、交叉性学科新进展。在论述生理学理论的同时还介绍了这些理论发现的过程和方法的建立及生理学家们对人类和科学发展的卓越贡献。

本书也可作为综合性大学、师范院校生物科学专业本科生、研究生教学用书和科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

动物生理学/杨秀平主编. —北京:高等教育

出版社,2002.9

ISBN 7-04-011416-X

I. 动… II. 杨… III. 动物学:生理学 IV. Q4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 073110 号

责任编辑 邹学英 王 莉

版式设计 李 杰

封面设计 张 楠

责任印制 陈伟光

责任绘图 朱 静

动物生理学

杨秀平 主编

出版发行 高等教育出版社

购书热线 010-64054588

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

免费咨询 800-810-0598

邮政编码 100009

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

传 真 010-64014048

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京民族印刷厂

开 本 850 × 1168 1/16

版 次 2002 年 9 月第 1 版

印 张 27.25

印 次 2002 年 9 月第 1 次印刷

字 数 600 000

定 价 36.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

编写人员

主 编 杨秀平

副主编 肖向红 周洪琪 王秋芳

审 稿 韩正康(南京农业大学)

桂远明(大连水产学院)

编 者(按姓氏拼音顺序)

柳凤祥(山东农业大学)

王秋芳(西北农林科技大学)

伍晓雄(华中农业大学)

肖向红(东北林业大学)

杨秀平(华中农业大学)

张森涛(西北农林科技大学)

周洪琪(上海水产大学)

序

生理学是研究机体基本生命活动及其规律的科学,是生命科学的核心。早在古代人们为了生存,在渔猎、驯化野生动物及畜牧等日常生产活动中,特别是在与疾病作斗争的过程中,开始认识到人体与动物机体的若干生命现象,但直至17世纪应用实验方法研究机体的生命现象规律后,生理学才开始成为一门科学。因此可以说,现代生理学主要是伴随医学发展起来的一门实验科学。

在生理学研究,早年主要以狗、猫、兔等哺乳动物作为实验材料,揭示了大量的器官和整体的生理规律,与人体进行比较,推动了医学的发展。机体的生理错综复杂,为了研究方便起见,于是选择了比较低等的动物,如蛙、鱼等,不但它们的机体结构比较简单,容易揭示某一特殊的生命规则,而且取材方便,也为比较生理学和进化生理学奠定了基础。因此,动物生理学基本上来源于医学和生物学的需求和发展。

早期生理学的研究多采取活体解剖法,由于机体的结构与机能紧密联系,从而积累了大量机体各器官功能的资料;慢性实验方法的建立,为进一步阐明器官生理和整体生理作出了重要贡献。为了学习的方便,生理学教材一般都以各主要生理系统为主线,介绍各器官系统(包括血液、循环、呼吸、消化、代谢、排泄、神经系统、内分泌、生殖及泌乳等)的主要生理功能、活动规律、调节及有关机理,还不同程度地反映了整体生理。本书作为主要面向高等农林院校动物生产类、动物医学等专业的教材,亦按上述原则编写,并在论述哺乳动物的生理学基本理论的基础上,对畜禽、鱼类及其他经济动物的生理特性加以比较叙述;同时,在有关章节中,介绍了环境与生态生理、个体发育的生理材料。为使初学者便于了解动物生理学的基础理论,专辟“细胞的基本功能”一章,另有“绪论”简要介绍动物生理学的基本要点。总之,本书涵盖了动物生理学的基本内容。

从20世纪八九十年代以来,神经内分泌学发展迅速,已成为一门独立的分支学科。神经内分泌学的一些内容,也在本书内分泌及其他章节予以叙述,还专辟第11章重点介绍了其在免疫领域内的发展,为本书增加了一大亮点。

代谢是动物生命的基础,20世纪代谢的生物化学迅猛发展,而代谢生理发展相行

滞后。不过近年随着内分泌学,尤其是神经内分泌广泛而深入的研究,不论在医学还是动物生产领域,对代谢的生理研究,特别是在其调节和控制方面都有突破性的进展(例如,神经内分泌生长轴对动物生长的调控; β 受体和瘦素对肌肉和脂肪的调控等),因此,代谢生理及其调节应是现代动物生理学研究的增长点之一,希望本书再版时能进一步充实这方面的内容。

本书由华中农业大学杨秀平主编,其他著名农、林、水产院校有关专业的主讲教师参编。杨秀平早年毕业于北京农业大学动物生理生化专业,长期主讲家畜生理、鱼类生理和从事科学研究,在教学研究和教材建设上作出了优秀成绩。

本书面向动物生产类、动物医学、野生动物资源保护、生物科学及生物技术各专业,既系统介绍了动物生理学基本理论,也涉及应用基础知识,为本科学生提供了一本新颖的教材和参考书。

韩正康

2002年5月于南京

前 言

《动物生理学》一书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革”项目的研究成果,是“面向 21 世纪课程教材”。

本书主要面向全国高等农林、水产院校的动物生产类(含畜牧、水产养殖、经济动物养殖)、动物医学、野生动物资源保护、生物科学及生物技术等专业的本科学生,他们已具备了动物学、动物形态学和组织学及其相关前期课程的基础知识。

为了适应当前教育、教学改革,提倡学生自主学习的要求,适应课堂教学学时压缩、现代化教学手段的利用及课堂信息量巨增的特点,该书在编写过程中力求做到:①具有广泛的适用性。本书以哺乳动物为主要对象,论述生理学的基本理论,在此基础上对家畜、禽(鸟)类、鱼类及其他名贵、经济类动物生理的特异性加以比较和融合。因此,该书既是基础生理学,又是比较生理学,各专业学生可根据需要选择相关部分学习。②强调生理学的基本理论在动物生产、动物医学、动物资源保护中的应用和意义,因此在保持生理学系统性、科学性、先进性方面做了有意义的尝试:本书以论述机体机能特征、机制为主,特别强调对机制、调节及其规律的论述,对一些形态、组织结构、静态生理、经典生理学等内容根据需要进行了删减或简化。书中还以一定的篇幅,用小字介绍了生理学不同研究领域的新理论、新发现、发展趋势及前沿、交叉性学科新进展,以拓宽学生的知识面。③增强生理学理论的直观性、可读性。本书采用了大量图、表,图文并茂;在书中还穿插了一些有关生理学理论的发现及其实验方法建立的过程,生理学家们对人类和科学发展做出贡献的事例,可使学生在理论学习中得到一些做人 与治学方面的启迪。

参加本书编写的编者共 7 位,他们都是目前活跃在教学、教改第一线的教授、副教授,有丰富的教学经验和现代教育、教学思想素质。其中杨秀平(华中农业大学)编写了第 1、7、11 章,肖向红(东北林业大学)编写了第 2、3、11 章,周洪琪(上海水产大学)编写了第 5 章,王秋芳、张森涛(西北农林科技大学)编写了第 9 章,柳凤祥(山东农业大学)编写了第 4、10 章,伍晓雄(华中农业大学)编写了绪论和第 6、8 章。在编写过程中,编者对各自编写章节的内容都作了认真思考,并参考了国内外生理学和动物生理学教材的最新版本。

本书在编写过程中得到各参编单位教学主管部门,特别是华中农业大学教务处和水产学院领导的大力支持。教育部“高等农林院校本科生物系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”课题组组长李合生教授对本书的编写给予了极大的关怀。南京农业大学韩正康教授、大连水产学院桂远明教授以极大的热情为本书审稿,韩正康教授还为此书写了序。各位编者的研究生们对老师的编写工作也给予了大力的支持,在此一并表示深切的谢意。限于编者水平,书中难免有错误,诚恳希望读者能对本书提出批评和改进的意见。

编 者

2002年4月于武汉

目 录

绪 论	(1)
0.1 动物生理学研究对象、任务和方法	(1)
0.1.1 动物生理学的研究对象	(1)
0.1.2 动物生理学的三个研究水平	(1)
0.1.3 动物生理学的研究方法	(2)
0.1.4 学习动物生理学的目的和方法	(3)
0.2 生理功能的调节及其调控	(4)
0.2.1 生理功能的调节方式	(4)
0.2.2 动物生理功能的控制系统	(6)
第 1 章 细胞的基本功能	(9)
1.1 细胞膜物质转运功能	(12)
1.1.1 细胞膜的结构	(12)
1.1.2 细胞膜的跨膜物质转运功能	(13)
1.2 细胞的跨膜信号转导	(19)
1.2.1 由离子通道介导的跨膜信号转导	(20)
1.2.2 由 G 蛋白耦联受体介导的跨膜信号转导	(21)
1.2.3 酶耦联受体介导的跨膜信号转导	(23)
1.3 细胞的兴奋性和生物电现象	(24)
1.3.1 细胞的兴奋性和刺激引起兴奋的条件	(24)
1.3.2 细胞的生物电现象及其产生机制	(27)
1.3.3 动作电位的引起和它在同一个细胞上的传导	(34)
1.4 兴奋在细胞间的传递	(37)
1.4.1 经典的突触传递	(38)
1.4.2 接头传递	(39)
1.4.3 电突触	(42)
1.5 肌肉的收缩	(43)
1.5.1 与收缩功能有关的骨骼肌细胞超微结构	(43)
1.5.2 骨骼肌的收缩原理和兴奋收缩耦联	(45)
1.5.3 肌肉收缩的外部表现	(48)
1.5.4 骨骼肌的种类及动物的运动	(51)
1.5.5 平滑肌的收缩	(54)

1.6 动物的放电和发光	(55)
1.6.1 鱼类的放电	(55)
1.6.2 动物的发光	(58)
第2章 血液	(60)
2.1 血液的组成和理化特性	(62)
2.1.1 血液的组成和血量	(62)
2.1.2 血液的理化特性	(63)
2.1.3 血液的机能	(64)
2.2 血细胞及其功能	(65)
2.2.1 红细胞生理	(65)
2.2.2 白细胞生理	(71)
2.2.3 血小板生理	(75)
2.3 血液凝固与纤维蛋白溶解	(77)
2.3.1 血液凝固	(77)
2.3.2 纤维蛋白溶解	(80)
2.4 血型	(81)
2.4.1 红细胞凝集与血型	(81)
2.4.2 输血原则	(83)
2.4.3 动物的血型及其应用	(84)
第3章 血液循环	(86)
3.1 心脏的泵血功能	(89)
3.1.1 心脏泵血功能的周期性活动	(89)
3.1.2 心脏泵血功能的评定	(92)
3.1.3 心脏泵血功能的调节	(94)
3.1.4 心脏泵血功能的储备	(96)
3.2 心肌的生物电现象和生理特性	(96)
3.2.1 心肌细胞的生物电现象	(96)
3.2.2 心肌的生理特性	(100)
3.3 血管生理	(107)
3.3.1 血管的种类与功能	(107)
3.3.2 血流动力学——血流量、血流阻力和血压	(109)
3.3.3 动脉血压和动脉脉搏	(112)
3.3.4 静脉血压和静脉回心血量	(114)
3.3.5 微循环	(115)
3.3.6 组织液与淋巴液的生成	(116)
3.4 心血管活动的调节	(118)
3.4.1 神经调节	(118)
3.4.2 体液调节	(125)

3.4.3	局部血流调节	(127)
3.4.4	动脉血压的长期调节	(128)
3.5	器官循环	(128)
3.5.1	冠脉循环	(129)
3.5.2	肺循环	(130)
3.5.3	脑循环	(130)
第4章	呼吸	(133)
4.1	呼吸器官的通气活动	(134)
4.1.1	哺乳类肺通气	(134)
4.1.2	禽类的肺与气囊通气活动	(142)
4.1.3	两栖及爬行类的肺通气活动	(143)
4.1.4	鱼类的鳃通气	(144)
4.2	气体交换	(145)
4.2.1	气体交换原理	(145)
4.2.2	气体交换过程	(146)
4.3	气体在血液中的运输	(150)
4.3.1	氧及二氧化碳在血液中的存在形式	(150)
4.3.2	氧的运输	(150)
4.3.3	二氧化碳的运输	(156)
4.4	呼吸运动的调节	(158)
4.4.1	神经调节	(158)
4.4.2	化学因素对呼吸的调节	(160)
4.5	呼吸运动的适应	(164)
4.5.1	潜水动物的适应	(164)
4.5.2	高山适应	(164)
第5章	消化与吸收	(166)
5.1	概述	(166)
5.1.1	消化方式	(167)
5.1.2	消化道平滑肌的一般特性	(167)
5.1.3	消化道平滑肌的电生理特性	(168)
5.1.4	消化道的神经支配	(169)
5.1.5	胃肠激素	(171)
5.2	摄食	(173)
5.2.1	摄食的方式	(173)
5.2.2	动物采食的调控	(174)
5.3	口腔内消化	(174)
5.3.1	唾液的分泌	(174)
5.3.2	咀嚼	(175)

5.3.3	吞咽	(176)
5.3.4	喉囊内的消化	(177)
5.4	胃内消化	(177)
5.4.1	胃液的分泌	(177)
5.4.2	瘤胃内的微生物消化	(182)
5.4.3	胃的运动	(186)
5.5	小肠内的消化	(190)
5.5.1	胰液的分泌	(190)
5.5.2	胆汁的分泌	(193)
5.5.3	小肠液的分泌	(194)
5.5.4	小肠的运动	(195)
5.6	大肠内的消化	(197)
5.6.1	大肠液的分泌	(197)
5.6.2	大肠内的微生物消化	(197)
5.6.3	大肠的运动与排粪	(198)
5.7	吸收	(199)
5.7.1	概述	(199)
5.7.2	小肠内主要营养物质的吸收	(200)
5.8	消化机能的整体性	(203)
5.8.1	消化器官机能的整体性	(203)
5.8.2	消化机能与机体其他机能的相关性	(203)
第 6 章	能量代谢及体温	(205)
6.1	机体能量的来源及消耗	(205)
6.1.1	能量的来源与消耗	(205)
6.1.2	能量代谢的测定	(207)
6.1.3	影响能量代谢的因素	(210)
6.1.4	基础代谢和静止能量代谢	(211)
※6.1.5	生产代谢	(215)
6.2	动物的体温及其调节	(217)
6.2.1	动物的体温	(217)
6.2.2	动物的产热和散热过程	(220)
6.2.3	体温调节	(224)
6.2.4	动物的休眠	(227)
第 7 章	排泄与渗透压调节	(230)
7.1	尿的生成	(232)
7.1.1	肾的功能解剖特征	(232)
7.1.2	尿的生成	(233)
7.2	尿生成的调节	(240)

7.2.1	影响肾小球滤过作用的因素	(240)
7.2.2	影响肾小管和集合管重吸收及分泌作用的因素	(241)
7.3	尿的排放	(245)
7.4	动物机体的水盐平衡和渗透压调节	(246)
7.4.1	脊椎动物的其他渗透调节器官	(247)
7.4.2	尿液的浓缩与稀释	(248)
7.4.3	鱼类渗透压调节	(250)
7.5	动物体的酸碱平衡	(254)
7.5.1	体液的缓冲作用	(254)
7.5.2	呼吸器官在酸碱平衡调节中的作用	(255)
7.5.3	肾脏在酸碱平衡调节中的作用	(255)
7.5.4	鱼类的酸碱平衡	(257)
7.6	脊椎动物含氮废物的排泄	(258)
第 8 章	神经系统	(260)
8.1	神经元活动的一般规律	(260)
8.1.1	神经元和神经胶质细胞	(260)
8.1.2	中枢神经元的联系方式及其生理意义	(263)
8.1.3	神经递质	(265)
8.1.4	神经递质的受体	(267)
8.2	反射活动的一般规律	(270)
8.2.1	反射及反射弧	(270)
8.2.2	反射中枢内兴奋的传递	(271)
8.2.3	中枢抑制	(272)
8.2.4	反射活动的一般特性	(276)
8.3	神经系统的感觉功能	(276)
8.3.1	感受器的定义和分类	(277)
8.3.2	感受器的一般生理特性	(277)
8.3.3	眼的视觉功能	(278)
8.3.4	耳的听觉功能	(283)
8.3.5	内耳的平衡感觉	(286)
8.3.6	嗅觉和味觉	(288)
8.3.7	其他感觉	(289)
8.3.8	神经系统的感觉分析功能	(293)
8.4	神经系统对躯体运动的调节	(296)
8.4.1	脊髓对躯体运动的调节	(296)
8.4.2	脑干对肌紧张和姿势的调节	(298)
8.4.3	基底神经节对躯体运动的调节	(300)
8.4.4	小脑对躯体运动的调节	(300)

8.4.5	大脑皮层对躯体运动的调节	(301)
8.5	神经系统对内脏活动的调节	(302)
8.5.1	自主神经系统的结构特征	(303)
8.5.2	自主神经系统的功能	(304)
8.5.3	自主神经的中枢调节	(305)
8.6	脑的高级神经活动	(306)
8.6.1	条件反射	(306)
8.6.2	动力定型	(308)
8.6.3	神经活动的类型	(309)
8.6.4	觉醒与睡眠	(310)
第9章	内分泌	(313)
9.1	概述	(314)
9.1.1	脊椎动物的内分泌系统	(314)
9.1.2	激素	(316)
9.1.3	抗激素	(324)
9.1.4	内分泌学研究发展简史	(324)
9.2	下丘脑	(326)
9.2.1	下丘脑与垂体的关系	(326)
9.2.2	下丘脑激素的种类及生理作用	(327)
9.2.3	调节下丘脑肽能神经元的递质	(328)
9.3	垂体	(328)
9.3.1	神经垂体	(329)
9.3.2	腺垂体	(331)
9.4	甲状腺	(336)
9.4.1	甲状腺激素的合成	(336)
9.4.2	甲状腺激素的贮存、分泌、转运和代谢	(337)
9.4.3	甲状腺激素的生理作用	(338)
9.4.4	甲状腺激素分泌的调节	(339)
9.5	甲状旁腺与调节钙、磷的激素	(341)
9.5.1	甲状旁腺和甲状旁腺激素	(341)
9.5.2	甲状腺 C 细胞和降钙素	(341)
9.5.3	甲状旁腺素、降钙素和 1,25 - 二羟维生素 D ₃ 分泌的调节	(343)
9.6	肾上腺	(343)
9.6.1	肾上腺皮质激素	(343)
9.6.2	肾上腺髓质激素	(347)
9.7	胰岛	(348)
9.7.1	胰岛分泌的激素	(349)
9.7.2	胰岛激素分泌的调节	(350)

9.8 其他内分泌腺及激素	(351)
9.8.1 松果体	(351)
9.8.2 胸腺	(353)
9.8.3 前列腺素	(353)
9.8.4 尾下垂体	(355)
9.8.5 胃肠道激素	(355)
9.8.6 瘦素	(355)
9.9 信息素(外激素)	(356)
9.9.1 昆虫的外激素	(357)
9.9.2 甲壳动物的外激素	(357)
9.9.3 鱼类的外激素	(357)
9.9.4 哺乳类的外激素	(358)
第 10 章 生殖与泌乳	(359)
10.1 性腺的功能	(360)
10.1.1 睾丸	(360)
10.1.2 卵巢	(363)
10.2 哺乳动物的生殖活动	(367)
10.2.1 生殖周期	(367)
10.2.2 排卵和排卵后黄体	(372)
10.2.3 受精与授精	(373)
10.2.4 妊娠与分娩	(375)
10.3 鱼类的生殖活动	(377)
10.3.1 鱼类的促性腺激素及其分泌调节	(377)
10.3.2 卵的生长和最终成熟	(383)
10.3.3 排卵与产卵	(388)
10.3.4 人工诱导排卵	(389)
10.3.5 鱼类的生殖周期	(390)
10.4 泌乳	(391)
10.4.1 乳腺的发育及其调节	(391)
10.4.2 乳的分泌	(394)
10.4.3 乳的排出	(398)
第 11 章 神经免疫调节	(400)
11.1 神经内分泌系统对免疫系统的调节作用	(401)
11.1.1 免疫细胞上的神经递质和内分泌激素受体	(401)
11.1.2 对免疫系统进行调节的神经递质和内分泌激素	(401)
11.1.3 应激条件下的神经免疫功能的调节	(402)
11.1.4 条件性免疫反应	(403)
11.1.5 神经和内分泌系统对 T 辅助细胞(Th_1 和 Th_2)平衡的调节	(404)

11.2 免疫系统对神经内分泌系统的调节作用	(404)
11.2.1 免疫细胞中产生的激素	(404)
11.2.2 免疫细胞产生的细胞因子对神经内分泌的作用	(405)
11.3 胃肠道系统与免疫细胞之间的相互作用	(405)
11.4 神经内分泌与免疫系统之间的相互作用途径	(406)
名词索引	(408)
参考文献	(416)

绪 论

0.1 动物生理学研究对象、任务和方法

0.1.1 动物生理学的研究对象

生理学(physiology)是生物科学(biological sciences)的一个分支,是研究生物机体生命活动(机能)及其规律的一门科学。生理学根据其研究对象可以分为植物生理学、动物生理学及人体生理学。通常情况下,人们又习惯将人体生理学简称为生理学。其中动物生理学又可以根据其研究的动物种类不同分为家畜生理学、家禽生理学、鱼类生理学、昆虫生理学和以比较各门类动物生理活动特征的比较生理学。随着人类生产实践、社会活动和科学研究的深入发展,生理学又出现了各种特殊条件下的生理学,如:以研究处于各种异常状态下所产生的生命活动变异的病理学是生理学的姊妹学科,另外,还有宇宙(航空)生理学、潜水生理学、生态生理学、行为生理学等。

动物生理学是研究动物机体生命活动(机能)及其基本规律的一门科学。它不仅要描述一个生命活动的现象,而且还要探讨该生命活动是如何发生、如何进展、如何终结的。如:动物是如何摄取、消化、吸收营养物质,又如何排泄其代谢产物的;气体是如何吸入体内,又如何排出的;血液及循环系统是如何执行运输、防御功能的;机体是如何繁衍后代、如何与外环境进行信息的交流、协调各组成部分机能,使其成为一个整体而更好地适应外环境的。因为只有活的机体、活的器官及细胞才具有功能活动,因此生理学的研究对象是活体。动物机体的生命活动与它的形态结构有着密切的关系,因此,研究生物机体的生命活动离不开与其相应的结构,动物生理学也是在动物形态学基础上发展起来的。

动物生理学不只是描述上述各种功能现象,还要研究这些功能是怎样进行,以及这些功能活动的规律和作用机制。例如肌肉收缩的机制、神经传导的机制、胃液分泌的机制等。所谓“机制”(mechanism)原是指机器的构造和工作原理,生理学借用这个名词来表示功能的内在活动方式,包括有关功能与结构的相互关系、功能的变化过程以及这些变化过程的理化性质等,即对生命活动的现象要有一个较为本质的说明。

0.1.2 动物生理学的三个研究水平

动物机体的结构和功能十分复杂,在研究其生理功能及其产生的机制时,必须从不同的角度进行探讨。一般说来,动物生理学的研究内容涵盖如下三个不同的层次:

0.1.2.1 整体和环境水平的研究

动物机体总是以整体的形式存在,有两层含义:一是,动物机体总是以整体的形式与外环境保持密切的联系。当外界环境变化时,可以引起动物机体生命活动的改变,包括行为变化,如:当动物