



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



iCourse · 教材

**Animal
Physiology**

(3rd Edition)

动物生理学

(第3版)

杨秀平
肖向红 主编
李大鹏

高等教育出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



iCourse · 教材

动物生理学

(第3版)

主 编 杨秀平 肖向红 李大鹏

副主编 王丙云 杜 荣 郭慧君

编 者 (按姓氏拼音排序)

陈 韬 (湖南农业大学)

杜 荣 (山西农业大学)

李大鹏 (华中农业大学)

曲完成 (上海海洋大学)

王春阳 (山东农业大学)

伍晓雄 (华中农业大学)

杨秀平 (华中农业大学)

陈胜锋

郭慧君

李 莉

王丙云 (佛山科学技术学院)

翁 强 (北京林业大学)

肖向红 (东北林业大学)



高等教育出版社·北京

内容简介

《动物生理学》第3版修订广泛参考了国内外经典教材和专著,结合编者多年教学研究成果,重新整合了教材体系,以哺乳动物生理为主线,在讲透基础生理学原理的基础上,对不同门类的动物生理特性进行比较、融合,体现了动物生理功能多样性与功能进化的特点。全书共分3篇19章,在保持第2版特色基础上,更新、修订了原有的“绪论”(1章)、“第一篇 动物生理学的细胞学基础”(5章)、“第二篇 器官生理”(10章),创新性增加“第三篇 整合生理”(3章,即动物机体的神经、内分泌、免疫网络系统,机体的酸碱平衡,应激与适应)。

在教材的编排上,本教材包括纸质教材和数字课程。主教材图文并茂,每章前面均有引言、知识点导读图,章后有复习思考题。数字课程主要分为7个专题:发现之旅、系统功能进化、实验与技术应用、知识拓展、案例分析、本章小结、自测题及参考答案。以期拓宽学生的生理学的知识面,为其自主学习提供一个平台。部分内容还辅以动画,便于学生理解和掌握某些重要的生理机制问题。

本书主要面向全国高等农林院校的动生产类专业和动物医学、生物科学及生物技术等专业本科生。也可作为综合性大学、师范院校等生物学有关专业本科生、研究生教学用书和科技工作者进行科学研究的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

动物生理学 / 杨秀平, 肖向红, 李大鹏主编. --3版. --北京: 高等教育出版社, 2016.2

ISBN 978-7-04-042894-0

I. ①动… II. ①杨… ②肖… ③李… III. ①动物学-生理学-高等学校-教材 IV. ①Q4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第140187号

策划编辑 李光跃 孟丽 单冉东 责任编辑 单冉东 装帧设计 王鹏

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landraco.com
印 刷	廊坊市文峰档案印务有限公司		http://www.landraco.com.cn
开 本	889mm × 1195mm 1/16	版 次	2002年9月第1版
印 张	23.75		2009年2月第2版
字 数	630千字		2016年2月第3版
购书热线	010-58581118	印 次	2016年2月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	48.00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
物 料 号 42894-00

数字课程 (基础版)

动物生理学

(第3版)

主 编 杨秀平 肖向红 李大鹏

登录方法:

1. 访问<http://abook.hep.com.cn/42894>, 点击页面右侧的“注册”。已注册的用户直接输入用户名和密码, 点击“进入课程”。
2. 点击页面右上方“充值”, 正确输入教材封底的明码和密码, 进行课程充值。
3. 已充值的数字课程会显示在“我的课程”列表中, 选择本课程并点击“进入课程”即可进行学习。

自充值之日起一年内为本数字课程的有效期
使用本数字课程如有任何问题
请发邮件至: lifescience@pub.hep.cn

 iCourse · 教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

动物生理学 (第3版)

主编 杨秀平 肖向红 李大鹏

用户名

密码

验证码

3-7-7-3

[进入课程](#)

[注册](#)

[内容介绍](#)

[纸质教材](#)

[版权信息](#)

[联系方式](#)

本数字课程与《动物生理学》(第3版)配套使用, 是纸质教材的拓展和补充。内容包括发现之旅、系统功能进化、实验与技术应用、知识拓展、案例分析、本章小结、自测题及参考答案等, 以便广大教师教学和学生自学。

高等教育出版社

<http://abook.hep.com.cn/42894>

第3版前言

《动物生理学》第3版力求保持第1版和第2版教材的科学性、系统性、适用性和可读性等特点，仍以哺乳动物生理为主线，在讲透基础生理学原理的基础上，从整体和比较的观点对不同门类的动物生理特性进行了比较，体现动物生理功能多样性与功能进化的特点。比较生理的内容是本教材的一个特色，既有不同动物门类间生理活动差异性的对比，也有不同组织、细胞间生理过程差异的比较。

根据现代“生理学”学科研究及其教学研究发展趋势、成果和特点，第3版教材调整了整个教材结构体系，教材分为“动物生理学的细胞学基础”“器官生理”和“整合生理”三大部分。“动物生理学的细胞学基础”对跨膜物质转运、生物电活动、信号转导、突触传递及肌细胞收缩等细胞主要生命活动的基础理论加强了系统叙述。“器官生理”部分削减了前两版教材中基础性的“细胞生理学”有关内容，突出了器官系统的生理功能特点及其完成和调控过程的阐述。“整合生理”则选择了神经-内分泌-免疫网络调控系统、机体的酸碱平衡、应激与适应等几个专题，尝试着从动物机体整体活动的视角，将相关知识点融合在一起，阐述各分子、细胞与组织器官系统的功能在整体生命活动中的作用、相互关系及协调机制，以此给学生提供一个如何观察利用、分析综合生理学知识，使之得到升华的范本，启发学生的整体思维和创新思维。对“整合生理”体系和内容的探索是3版教材的另一个特色，对于此部分的使用，教师可根据课程和学生的实际情况灵活掌握。

“动物生理学”教材建设总是与课程建设和教育教学思想及方法的改革密切配合的，《动物生理学》主编单位——华中农业大学和东北林业大学的“动物生理学”课程分别在2004年和2005年获得教育部“国家精品课程”称号，在此基础上，两校的“动物生理学”课程在2013年均被教育部评定为“国家级精品资源共享课”，并在“爱课程(iCourse)”网站面向社会公众开放。

本书作为“国家级精品资源共享课”的主讲教材，在高等教育出版社建议和大力支持下，3版教材采用了“纸质教材+数字课程”的新形态教材出版形式，其目的是为了进一步实现“学生为主体、教师起主导、教材是载体”的现代教育、教学思想理念并付诸于实践，达到激发学生学习“动物生理学”的兴趣、提高学生主动自学能力的教学目标。

除了图文并茂的纸质教材外，第3版教材还“一体化”设计了形式多样、内容丰富的数字课程(数字资源)，主要分为7个专题：“发现之旅”“系统功能进化”“实验与技术应用”“知识拓展”“案例分析”“本章小结”和“自测题及自测题答案”。数字课程作为纸质教材的拓展，能让学生很好地了解生理学原理发现的历程、知识形成的背景与科学依据、系统生理功能进化特征等，提高学生对整个“生理学”的过去和未来的了解，启发他们对现代生理学学习的兴趣，同时还适度引入生理学前沿知识，反映其最新进展，可拓宽学生的“生理学”知识面，为其自主学习提供一个平台。为了帮助学生能正确理解和掌握生理功能机制，还引用了“动物生理学教学资源库”(由高等教育出版社出版)中的部分动画，以辅助学生学习。“案例分析”“本章小结”和“自测题及自测题答案”能引导学生适时检查自己的学习效果。

参加第3版教材编写的教师都是长期工作在动物生理学教学和科研第一线的教授和副教授。编委会中有多人多次获得国家级、省部级或学校教学改革和教学质量奖以及科技奖励，有丰富的教学经验和科学研究成

果。他们对各自编写章节的内容都做了认真的思考，并参考了国内外经典的和最新的动物生理学方面的教材和专著。《动物生理学》第3版总共有19章，编委主要分工为：肖向红编写了第1章、第8章和第19章部分内容；王春阳编写了第2章；陈韬编写了第3章；李大鹏编写了第4章、第12章；杨秀平编写了第5章、第13章、第17章及第18章；杜荣编写了第6章及第16章部分内容；翁强编写了第7章；李莉编写了第9章和第19章部分内容；郭慧君编写了第10章；伍晓雄编写了第11章及第14章；王丙云、陈胜锋编写了第15章及第19章部分内容；曲宪成编写了第16章。另外，柴会龙博士和张晶钰博士参加了第8章和第19章部分内容的编写；汤蓉博士多次校阅了教材样稿，并提出了宝贵的修改建议。

限于我们的水平有限，书中难免存在错误和不足，诚恳希望广大读者对本书提出宝贵的批评意见和建议。

编者

2015年5月于武汉

第2版前言

《动物生理学》第1版出版以来,我们陆续完成了《动物生理学实验》、《动物生理学学习指南》、《动物生理学教学资源库》的编写(编制)和出版,《动物生理学》立体化教材体系基本形成。这套教材在推动“动物生理学”教学改革和课程建设方面起到了极为积极和重要的作用,在社会上引起了良好的反响。其中主编和参编单位——华中农业大学、东北林业大学的“动物生理学”课程分别于2004年和2005年获得教育部“国家精品课程”称号;主教材《动物生理学》获得高等教育出版社的“高等教育百门精品课程教材”(自选)称号,并被列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

《动物生理学》第2版与第1版相比有以下主要特色:

1. 这是一部名副其实的“动物生理学”教材。本版在以脊椎动物生理为主的基础上,适当增加了其他动物门类的生理功能特征的论述,以适当的篇幅展现了生理功能进化论的观点。

2. 仍然保持了第1版《动物生理学》的适应性、实用性、新颖性特征。进一步淡化了专业界限,强调共性,突出个性,加强了基础生理学的论述;对第1版中的一些内容注意其新的提法,及时加以补充和更新。

为了适应不同类型学校、不同专业的培养目标要求,有重点、有针对性地选择适合的内容学习的需要,本教材注重了基础理论、基础知识、基本概念的论述,力求做到既有深度,又有广度,使其具有很好的适应性和可塑性。

3. 为了激发学生学习动物生理学的兴趣并提高他们的主动自学能力,第2版在每章前都设计了少量经典的、趣味的设问;每章中间或之后都有一两个案例分析或整体性的综合性论述,以帮助学生明确学习生理学理论(机制)的意义,培养综合分析能力,学会应用生理学知识解决生产实践中、兽医临床及野生动物资源保护与利用中的实际问题。在具体论述生命活动的过程中,顺势向学生简要地介绍生理学上发生的重大事件及其理论的发现,包括诺贝尔生理学或医学奖获得者主要成果,以此激励学生树立远大志向,激发其学习兴趣。

4. 为了不占用更多的纸质篇幅,体现现代多媒体技术在教学中的先进作用和我们已建立起来的立体化教材体系的优势,第2版采用了纸质与光盘资料相结合的方式。纸质教材主要讲解高等农林、水产院校的动物生产类(含畜牧、水产养殖、名贵经济动物养殖)、动物医学、野生动物保护与自然保护区管理、生物科学及生物技术等专业的本科学生必须学习和掌握的生理学知识,光盘资料是对纸质内容加以扩充和扩展,包括一些表格、数字资料以及重要的生理学事件和名人轶事。无论是纸质还是光盘资料,其中的插图来自我们的《动物生理学教学资源库》,并全部重新绘制,有些还作了创新性的修改。如果有一本《动物生理学》第2版教材,又有一张《动物生理学教学资源库》的光盘,对读者学习的帮助是再好不过了。

参加《动物生理学》第2版编写的教师都是长期工作在动物生理学教学第一线的教授和副教授,大部分具有博士学位,有多人、多次获得国家、省级及学校的教学改革和教学质量奖,有丰富的教学经验和科学研

究成就。他们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。《动物生理学》教材连同绪论共有12章，其中杨秀平编写了第1章和第8章，肖向红编写了绪论和第3章，杜荣编写了第2章和第10章，柳凤祥编写了第4章和第6章，伍晓雄编写了第5章和第8章，李大鹏编写了第6章和第7章，魏华编写了第9章，曲宪成编写了第10章，王丙云编写了第11章。

限于我们水平有限，书中难免有些错误和不足，诚恳希望读者能对本书提出批评和改进意见。

编者

2008年8月于武汉

第 1 版前言

《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剧增的特点，该书在编写过程中力求做到：①具有广泛的适用性。该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，各类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作出贡献的事例，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

1 绪论	001	1.2 内环境及内环境稳态	006
1.1 动物生理学研究对象、内容与任务	002	1.2.1 细胞外液与内环境	006
1.1.1 动物生理学研究的任务	002	1.2.2 内环境的理化成分及内环境稳态	007
1.1.2 生理学是一门实验性科学	003	1.3 生理功能的调节及其调控	008
1.1.3 动物生理学的三个研究水平	003	1.3.1 生理功能的调节方式	008
1.1.4 整合生理学	005	1.3.2 生理功能的控制系统	009
1.1.5 学习动物生理学的目的与方法	005		

第一篇 动物生理学的细胞学基础

2 细胞膜的物质转运功能	014	4.1.3 观察生物电的方法	039
2.1 细胞膜的结构	015	4.2 生物电产生机制	039
2.1.1 细胞膜与生物膜的概念	015	4.2.1 细胞膜的电学特性	039
2.1.2 细胞膜的液态镶嵌模型	015	4.2.2 静息电位的产生机制	040
2.2 细胞膜的物质转运功能	015	4.2.3 动作电位的产生机制	042
2.2.1 被动转运	016	4.2.4 动作电位的引起、传导及其特性	044
2.2.2 主动转运	018	4.2.5 局部电位	046
2.2.3 胞吞与胞吐作用	020	4.3 细胞的兴奋性和刺激引起兴奋的条件	046
2.2.4 大分子物质的跨核膜转运	021	4.3.1 兴奋、兴奋性与可兴奋细胞	046
3 细胞间的通讯与信号转导	022	4.3.2 刺激引起兴奋的条件	047
3.1 细胞间的通讯	023	4.3.3 细胞兴奋时的兴奋性变化	047
3.1.1 细胞间的通讯的方式	023	4.3.4 影响兴奋性的因素	049
3.1.2 细胞间通讯的信号物质——化学信使	024	5 神经元间的信号传递	051
3.1.3 细胞间通讯中的受体	025	5.1 神经电信号传递的一般概念	052
3.2 细胞的信号转导机制	028	5.2 经典突触及其传递	053
3.2.1 膜结合受体介导的信号转导机制	028	5.2.1 经典突触的超微结构	053
3.2.2 胞内受体介导的信号转导机制	034	5.2.2 经典突触传递过程	053
3.2.3 信号转导的共同特征	035	5.2.3 经典突触传递特点	054
4 神经元的电活动与兴奋性	037	5.3 非定向突触传递	055
4.1 概述	038	5.3.1 非定向突触传递的细微结构特征	055
4.1.1 静息电位	038	5.3.2 非定向突触传递及其特征	055
4.1.2 动作电位	038	5.4 影响化学性突触传递的因素	055
		5.4.1 影响突触前膜递质释放的因素	055

5.4.2 影响突触间隙中递质清除的因素	056	6.2.1 骨骼肌细胞的结构与分子基础	067
5.4.3 影响突触后膜受体的因素	056	6.2.2 骨骼肌细胞的生物电特征及神经与骨骼肌细胞间的兴奋传递	069
5.5 电突触传递	056	6.2.3 骨骼肌收缩与舒张机制	070
5.5.1 电突触的结构	056	6.2.4 骨骼肌细胞的兴奋-收缩耦联	071
5.5.2 电突触传递	057	6.2.5 骨骼肌收缩的形式及影响因素	073
5.6 突触整合	058	6.2.6 骨骼肌细胞的分类与生理特性	076
5.7 突触的可塑性	058	6.3 心肌细胞	076
5.7.1 短时程突触可塑性	058	6.3.1 心肌细胞的细微结构与收缩功能特征	076
5.7.2 长时程突触可塑性	059	6.3.2 心肌细胞兴奋的产生	078
5.8 化学性突触传递的信使物质及其受体	059	6.3.3 心肌细胞的电活动	078
5.8.1 神经递质、神经调质	059	6.4 平滑肌细胞	082
5.8.2 受体	062	6.4.1 平滑肌细胞的结构与收缩功能	082
5.8.3 几种主要的神经递质和受体系统	063	6.4.2 平滑肌细胞的电活动	084
6 肌细胞的功能	066	6.4.3 平滑肌细胞的分类	085
6.1 肌细胞概述	067	6.5 动物的电细胞和放电	085
6.2 骨骼肌细胞	067		

第二篇 器官生理

7 血液	088	8.1.1 心肌的兴奋性	109
7.1 血液的组成与理化特性	089	8.1.2 心肌的传导性	111
7.1.1 血液的组成与血量	089	8.1.3 心肌的收缩特性	112
7.1.2 血液的理化特性	089	8.1.4 心肌的自动节律性与心脏的起搏点	113
7.1.3 血液的功能	091	8.1.5 体表心电图	114
7.2 血细胞及其功能	091	8.2 心脏的泵血功能	115
7.2.1 血细胞的生成	092	8.2.1 心脏泵血功能周期性活动	115
7.2.2 红细胞生理	092	8.2.2 心脏泵血功能的评定	116
7.2.3 白细胞生理	096	8.2.3 心脏泵血功能的储备	119
7.2.4 血小板生理	098	8.3 血管生理	119
7.3 血液凝固与纤维蛋白溶解	099	8.3.1 血管的种类与功能	119
7.3.1 血液凝固	100	8.3.2 血流动力学——血流量、血流阻力与血压	120
7.3.2 纤维蛋白溶解	103	8.3.3 动脉血压与动脉脉搏	121
7.4 血型	104	8.3.4 静脉血压与静脉回心血量	123
7.4.1 红细胞凝集与血型	104	8.3.5 微循环	124
7.4.2 输血原则	106	8.3.6 组织液与淋巴液的生成	125
7.4.3 动物的血型	107	8.4 心血管活动的调节	126
8 血液循环	108	8.4.1 心泵功能的自身调节	126
8.1 心肌的生理特性	109	8.4.2 心血管活动的神经调节	128

8.4.3 心血管活动的体液调节	133	10.4 单胃的消化	169
8.4.4 局部血流调节	135	10.4.1 胃的物理性消化	170
8.4.5 动脉血压的长期调节	135	10.4.2 胃的化学性消化	171
8.5 器官循环	136	10.5 复胃的消化	176
		10.5.1 反刍动物的复胃结构及其功能概述	176
9 呼吸	137	10.5.2 复胃的物理性消化	176
9.1 概述	138	10.5.3 复胃的微生物消化	177
9.1.1 有关呼吸器官与呼吸方式的进化	138	10.5.4 复胃动物的皱胃消化特点	178
9.1.2 呼吸过程	138	10.6 小肠的消化	179
9.2 呼吸器官的通气活动	139	10.6.1 小肠的物理性消化	179
9.2.1 哺乳类动物的通气活动	139	10.6.2 小肠的化学性消化	180
9.2.2 其他脊椎动物的通气活动	145	10.6.3 肝的功能	184
9.3 气体交换	146	10.7 大肠的消化	186
9.3.1 气体交换原理	146	10.7.1 大肠的物理性消化	186
9.3.2 组织中的气体交换及其影响因素	148	10.7.2 回盲括约肌的功能	186
9.4 气体在血液中的运输	149	10.7.3 大肠的化学性消化	186
9.4.1 氧及二氧化碳在血液中的存在形式	149	10.7.4 大肠的微生物消化	186
9.4.2 氧的运输	149	10.7.5 排粪	187
9.4.3 二氧化碳的运输	152	10.8 禽类与鱼类消化的特点	187
9.5 呼吸运动的调节	154	10.8.1 禽类消化的特点	187
9.5.1 神经调节	154	10.8.2 鱼类消化的特点	187
9.5.2 化学因素对呼吸的调节	156	10.9 吸收	188
9.6 特殊环境下的呼吸生理	159	10.9.1 概述	188
9.6.1 潜水动物的适应	159	10.9.2 主要营养物质的吸收	189
9.6.2 高海拔环境中的呼吸	159	10.10 消化功能整体性	192
9.7 肺的吞噬与免疫功能	160		
		11 能量代谢及体温	193
10 消化与吸收	161	11.1 机体的能量代谢	194
10.1 概述	162	11.1.1 机体能量的来源和利用	194
10.1.1 消化的主要方式	162	11.1.2 能量代谢的测定	195
10.1.2 消化道的结构与神经支配	162	11.1.3 影响能量代谢的主要因素和能量代谢的 神经与体液调节	195
10.1.3 消化管平滑肌的生理特性	163	11.1.4 动物的基础代谢与静止能量代谢	195
10.1.4 胃肠激素	164	11.1.5 动物的生产代谢	195
10.1.5 消化管的免疫功能	165	11.2 动物的体温及其调节	195
10.2 动物的摄食方式与摄食调节	165	11.2.1 动物的体温	195
10.2.1 摄食方式	166	11.2.2 动物的产热与散热过程	196
10.2.2 动物摄食调节	166	11.2.3 体温的中枢调节	200
10.3 口腔消化	168	11.2.4 动物的休眠	202
10.3.1 口腔的物理性消化	168		
10.3.2 口腔的化学性消化	168		

12 排泄及渗透压调节	204	14 神经系统的功能	255
12.1 肾的功能解剖特征	205	14.1 神经系统的组成及其细胞成分	256
12.1.1 肾单位	205	14.1.1 神经系统的组成	256
12.1.2 球旁器	207	14.1.2 神经元与神经胶质细胞	256
12.1.3 肾的血液供应	208	14.2 反射活动的基本规律	259
12.1.4 肾的神经支配	208	14.2.1 反射活动及其反射中枢的复杂性	259
12.2 尿的生成	208	14.2.2 中枢神经元的联系方式及其生理意义	259
12.2.1 肾小球的滤过	208	14.2.3 反射中枢内兴奋的传播	260
12.2.2 肾小管和集合管的重吸收与分泌作用	210	14.2.4 中枢抑制	261
12.2.3 鱼类肾的泌尿功能	215	14.2.5 反射活动的一般特性	264
12.2.4 脊椎动物含氮废物的排泄	217	14.3 神经系统的感觉功能	264
12.3 尿生成的调节	217	14.3.1 中枢对躯体感觉的分析	264
12.3.1 影响肾小球滤过作用的因素	217	14.3.2 中枢对内脏感觉的分析	267
12.3.2 影响肾小管物质转运作用的因素	218	14.4 神经系统对躯体运动的调节	268
12.3.3 尿的浓缩与稀释	223	14.4.1 躯体运动神经元与运动单位	268
12.4 尿的排出	224	14.4.2 中枢对姿势的调节	269
12.4.1 尿排放的神经支配	225	14.5 神经系统对内脏活动的调节	274
12.4.2 排尿反射	225	14.5.1 自主神经的结构特征	274
12.5 机体的渗透压调节	225	14.5.2 自主神经系统的功能特征	275
12.5.1 脊椎动物的其他排泄器官	227	14.5.3 内脏活动的中枢调节	276
12.5.2 鱼类的渗透压调节	228	14.5.4 动物的本能行为与情绪	277
13 感觉器官与感觉	233	14.6 脑的高级功能	278
13.1 感受器与感觉器官	234	14.6.1 学习与记忆	278
13.1.1 感受器、感觉器官的结构与分类	234	14.6.2 脑电活动与觉醒和睡眠	281
13.1.2 感受器的一般生理特性	234	15 内分泌	283
13.2 眼的视觉功能	237	15.1 概述	284
13.2.1 眼的折光与成像	238	15.1.1 内分泌与内分泌系统	284
13.2.2 视觉的形成	238	15.1.2 激素	285
13.3 耳的听觉、平衡觉功能	243	15.2 下丘脑的内分泌	289
13.3.1 触觉和压力感受器	243	15.2.1 下丘脑与垂体的联系	289
13.3.2 耳的听觉功能	244	15.2.2 下丘脑促垂体区激素及生理作用	289
13.3.3 耳(前庭器官)的平衡功能	249	15.2.3 下丘脑激素分泌的调节	290
13.3.4 水生脊椎动物的毛细胞及其听觉、 平衡觉	250	15.3 垂体的内分泌	291
13.4 嗅觉与味觉器官及化学感觉	250	15.3.1 腺垂体激素	291
13.4.1 嗅觉器官与嗅觉	251	15.3.2 神经垂体激素	294
13.4.2 味觉器官与味觉	253	15.4 甲状腺	295
13.5 电磁感觉	254	15.4.1 甲状腺激素的化学结构	295
		15.4.2 甲状腺激素的合成	296

15.4.3 甲状腺激素的贮存、释放、转运与代谢	297	16 生殖与泌乳	313
15.4.4 甲状腺激素的生理作用	298	16.1 概述	314
15.4.5 甲状腺激素分泌的调节	299	16.1.1 动物的性决定与性分化	314
15.5 甲状旁腺、甲状腺C细胞（鳃后体）与调节钙、磷代谢的激素	300	16.1.2 动物的性成熟与体成熟	314
15.5.1 甲状旁腺与甲状旁腺激素	300	16.1.3 关于性周期与生殖季节	315
15.5.2 甲状腺C细胞和降钙素	301	16.2 性腺的功能与调控	316
15.5.3 1, 25-二羟维生素D ₃	302	16.2.1 睾丸	316
15.6 肾上腺	303	16.2.2 卵巢	319
15.6.1 肾上腺皮质激素	303	16.3 哺乳动物的生殖活动	322
15.6.2 肾上腺髓质激素	306	16.3.1 哺乳动物的性周期	323
15.7 胰岛	307	16.3.2 排卵与排卵后黄体	324
15.7.1 胰岛素	307	16.3.3 受精与授精	325
15.7.2 胰高血糖素	310	16.3.4 妊娠与分娩	326
15.7.3 胰岛分泌的其他激素	310	16.4 鸟（禽）类生殖活动的特点	326
15.8 松果体、尾下垂体、斯尼氏小体	310	16.5 鱼类的生殖活动	328
15.8.1 松果体	310	16.5.1 鱼类的生殖活动的内分泌调控	328
15.8.2 尾下垂体	311	16.5.2 卵泡的生长与最终成熟	331
15.8.3 斯尼氏小体	311	16.5.3 排卵与产卵	334
15.9 组织激素与功能器官内分泌	311	16.5.4 鱼类的生殖周期与调控	335
15.9.1 组织激素	311	16.6 泌乳	336
15.9.2 功能器官内分泌	311	16.6.1 概述	336
		16.6.2 乳汁的分泌	338
		16.6.3 乳汁的排出	339

第三篇 整合生理

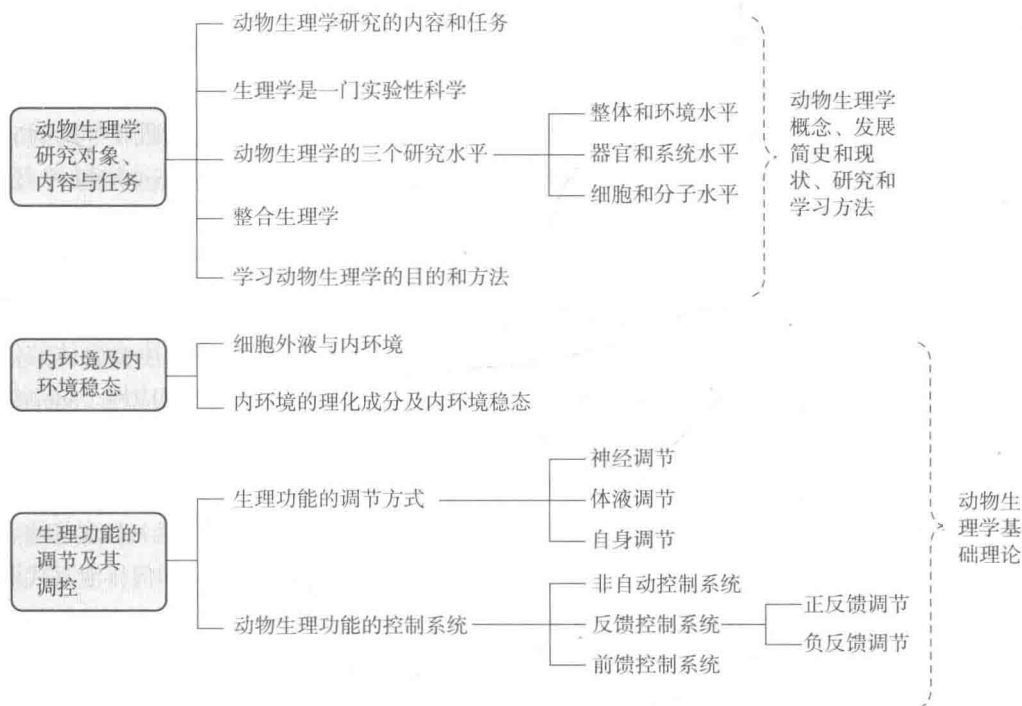
17 动物机体的神经、内分泌、免疫网络系统	344	18.4 呼吸器官以改变通气率调节酸碱平衡	348
17.1 神经、内分泌、免疫系统以各自特有的方式调节机体的机能	345	18.5 肾与肝在酸碱平衡中的协同作用	349
17.2 神经、内分泌、免疫系统之间复杂的相互作用	345	18.6 酸碱平衡紊乱	349
17.3 应激对免疫功能活动的调节	345	18.7 鱼类的酸碱平衡	349
17.4 神经、内分泌、免疫系统间相互作用的网络机制	346	19 应激与适应	351
18 机体的酸碱平衡	347	19.1 应激概述	352
18.1 体液中的酸性、碱性物质	348	19.1.1 应激的基本概念	352
18.2 机体内的酸、碱平衡	348	19.1.2 应激的三个阶段	352
18.3 体液的缓冲体系及其缓冲作用	348	19.2 应激反应的生理学机制	353
		19.3 有关应激与适应的几个案例	354
		19.4 应激对动物生产性能的影响	354
主要参考文献	355		
索引	358		

1 绪 论

【引言】

什么是生理学，生理学与生物学是什么关系，为什么说生理学是关于生命的科学？生理学是如何发展的？什么是动物生理学？我们为什么要学习动物生理学？动物生理学和生活、生产、健康有何关系？我们怎样才能学好动物生理学？绪论将一一做出回答。

【知识点导读】



1.1 动物生理学研究对象、内容与任务

1.1.1 动物生理学研究的对象与任务

生物学(biology)是研究生命现象及其活动规律的科学。按照研究生命现象的不同角度或层面,又可分为形态学(morphology)和生理学(physiology)等。生理学作为生物学的一个分支,更偏重研究生物机体的基本生命活动现象、机体各个组成部分的功能以及这些功能的发生机制和发展规律。通常意义上的生理学是以人和高等动物为研究对象。根据研究对象,生理学可分为微生物生理学(microbial physiology)、植物生理学(plant physiology)、动物生理学(animal physiology)和人体生理学(human physiology)。其中动物生理学又可根据其研究的动物种类分为家畜生理学、禽类(鸟类)生理学、鱼类生理学和昆虫生理学等。根据比较各门类动物在进化过程中的生理活动特征、动物各物种之间的亲缘关系和进化过程等又可分为比较生理学(comparative physiology)、生态生理学(ecological physiology)、进化生理学(evolution physiology)和发育生理学(develop physiology)等。

生理学作为一门既古老而又年轻的科学,随着人类生产实践,社会活动和科学研究的深入,又出现了各种特殊环境条件下的生理学,如航空生理学(aviation physiology)、潜水生理学(diving physiology)、行为生理学(behavioral physiology)等。

随着科学的发展,生理学研究也不断汲取和应用各种新的科学理论和方法,使研究不断向纵深发展;同时,生理学研究还与其他学科的研究相结合,由此不断产生新的分支,其中许多分支已逐渐形成新的独立的学科,例如,生物化学(biochemistry)、生物物理学(biophysics)、内分泌学(endocrinology)、营养学(nutriology)、神经生物学(neurobiology)和神经科学(neuroscience)等。

从低等动物到高等动物,生命的基本活动(功能)包括:①以完成新陈代谢为主的基本活动,有支持、保护、运动、营养、呼吸、运输、排泄;②机体对内外环境变化作出适应性反应的一系列活动,如保持兴奋性、并能不断协调、整合各组成部分的活动;③为生命个体的保存与延续而进行的生殖活动等。新陈代谢(metabolism)、兴奋性(excitability)、适应性(adaptability)和生殖(reproduction)是生命活动的四大基本特征。

因为只有活着的机体,其器官和细胞才具有功能活动,因此动物生理学的研究对象是活着的正常动物机体。动物生理学的任务是研究动物机体的正常生命活动现象(功能)和这些活动的过程、发生的机制与条件。例如,动物是如何摄取、消化和吸收营养物质,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的;阐明作为一个整体,各器官系统如何与外环境进行信息交流、协调各组成部分机能,使其更好地适应外部环境变化,进而维持个体生存及种族繁衍。

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关系、功能变化过程以及这些变化过程的理化性质等,即对生命活动现象给出一个较为本质的诠释,如肌肉收缩的机制、神经传导的机制、胃液分泌的机制等。

动物机体的生命活动与它的形态结构有着密切的关系,研究动物机体的生命活动也离不开与其相应的形态学的研究,动物生理学发展的早期就是以动物形态学为基础来推断分析动物机体的生理功能的,因此动物生理学是在动物形态学基础上发展起来的一门科学。机体作为一个结构和

功能统一的整体，其内在的结构和功能是密不可分的，并且在很大的程度上与生存环境、生活资源、疾病等息息相关。只有了解正常动物机体各个组成部分的功能，才能进一步理解和学习在某些特殊、异常或疾病情况下的动物机体的形态及功能变化；才能理解、认识环境与机体机能的关系。“生理学”在生物学科领域中为相关学科之间架起了桥梁。此外现代畜牧业、渔业发展，现代农业病虫害防治、野生动物保护等都需要了解动物的生理学知识，“生理学”在上述生命科学领域内占有举足轻重的地位。

1.1.2 生理学是一门实验性科学

纵观近代生理学发展史，在其发展的各个阶段，人们对生命活动规律的了解和认识都是以科学的研究方法作为基础，从对生命现象的观察和科学实验中总结出来的。每一种新的研究方法的应用和发展，均极大地推动和促进了生理学的重大发现和理论突破。例如，17世纪初，英国的威廉·哈维（William Harvey, 1578—1657）用大量活体动物解剖和科学实验，证明了心脏是血液循环的原动力，血液由心脏射入动脉，再由静脉回流入心脏，并在体内以循环方式流动。他于1628年发表了历史上第一本基于实验证据的著名生理学著作——《心血运动论》，提出心泵功能及肺循环理论，推翻了当时统治了西方学术界1500年之久的盖伦（Galen, 129—199）的“血液从右心通过心室中隔流入左心”和“潮汐论”学说的错误观点。Harvey的贡献还在于用实验的方法来解决生物学的问题，是生理学真正成为实验科学的里程碑。恩格斯曾给予极高评价：哈维发现血液循环，而将生理学确立为科学。

从研究方法和知识的获得而言，生理学是一门实验性科学，一切生理学中的理论知识均来自对生命现象的客观观察和实验。所谓观察，主要是指在不损害机体健康的自然生存条件下，如实地观察、记录和分析其功能活动的客观表现。所谓实验，就是人为创造一定条件，使通常不易被观察到的某种隐蔽的或细微的生理变化变得能够被观察，或某种生理变化的因果关系能够被认识。生理学的知识和理论建立时，通常是借助于数学、物理学、化学的基本原则、思维方法和研究技术或依据生物学界前人的研究成果对整体水平的生命现象、细胞和器官系统的功能活动进行观察，从而对各种生理活动的机制进行分析和推测。如果试验结果能被自己或他人重复，就可以对所观察的现象以及对现象背后的机制问题加以探讨、推测，提出一个假设（hypothesis）或学说；如果这个假设能被自己和他人反复证实并得到发展，就可成为被学术界所公认的知识或理论。所以在生理学的后来发展中，许多曾经被确认为正确的理论又会得到补充、完善、修订，甚至被推翻，为新的理论所替代。生理学的知识就是这样在一代代学者的研究中得到积累和发展。

根据实验对象的不同，生理学实验可分为人体实验和动物实验两大类。常用的动物实验有急性实验（acute experiment）和慢性实验（chronic experiment），前者又可分为在体（*in vivo*）实验和离体（*in vitro*）实验。在体实验是指在完整的动物身上进行的观察或实验。离体实验是将器官或细胞从体内分离出来，在一定实验条件下进行的研究。

1.1.3 动物生理学的三个研究水平

动物机体是由各器官系统（organ system）相互联系、相互作用而构成的一个复杂的整体，而器官系统又是由行使某一类生理功能的不同器官相互联系而成。组织、器官又是由结构和功能相似的细胞或细胞群体组成，细胞才是构成动物机体的最基本单位。构成细胞及其细胞器（organelle）的生物大分子，如脱氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid, DNA）、核糖核酸（ribonucleic

◎ 发现之旅 1-1
动物血液循环的发现
及其研究

◎ 知识拓展 1-1
生理学的研究方法