



普通高等教育“十三五”规划教材

DONGWU SHENGLIXUE

# 动物生理学

(第2版)

周定刚 主编



中国林业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

# 动物生理学

(第2版)

周定刚 主编

中国林业出版社

## 内 容 简 介

本书在涵盖动物生理学基本内容的基础上,突出畜禽、鱼类生理特点,并对其他经济动物的生理特性加以比较,使之既具有明显的针对性又具有广泛的实用性;为便于学习,本书以各主要生理系统为主线,分述各器官系统的主要生理功能、活动规律及其调节机制,并适当反映现代细胞、分子生理学的突破与进展,以拓宽学生的知识面。教材文字简洁、层次清晰、图文并茂、易读易懂。

本书适用于高等院校动物科学、动物医学、生物技术、水产养殖、野生动物资源保护等多种专业本科生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

动物生理学/周定刚主编. —2版. —北京:中国林业出版社,2016.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5038-8670-6

I. ①动… II. ①周… 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(2016)第195402号

### 国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

#### 中国林业出版社·教育出版分社

策划、责任编辑:高红岩

电话:(010)83143554

传真:(010)83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话:(010)83143500

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京市昌平百善印刷厂

版 次 2011年8月第1版(共印4次)

2016年8月第2版

印 次 2016年8月第1次印刷

开 本 850mm×1168mm 1/16

印 张 29.75

字 数 736千字

定 价 49.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

## 《动物生理学》(第2版)编写人员名单

**主 编** 周定刚

**副主编** 黎德兵 王纯洁 黄庆洲 严亨秀

**编者** (按姓氏笔画排序)

王 讯 (四川农业大学)

王月影 (河南农业大学)

王纯洁 (内蒙古农业大学)

田兴贵 (贵州大学)

刘春霞 (内蒙古农业大学)

朱晓彤 (华南农业大学)

严亨秀 (西南民族大学)

何立太 (四川省水产学校)

周定刚 (四川农业大学)

赵翠燕 (广东韶关学院)

康 波 (四川农业大学)

黄庆洲 (西南大学)

韩克光 (山西农业大学)

黎德兵 (四川农业大学)

## 第2版前言

动物生理学是高等院校动物类专业的一门重要专业基础课，其教材内容应结合不同专业设置的特点，充分体现人才培养目标的需求。众所周知，高等农业院校的专业设置和培养目标与医学院校及生物类综合大学不尽相同。因此，其《动物生理学》的编写内容应与医学院校的《人体生理学》、生物类综合大学的《比较生理学》等有所区别。

目前，高等农业院校已开设有动物科学、动物医学、动物药学、生物技术、水产养殖、特种经济动物等多种专业，其中各动物类专业仍以哺乳类中的家畜、鸟类中的家禽和水生动物中的鱼类为主要对象。动物生理学作为动物类专业中的一门重要专业基础课，其教材应有利于拓宽学生知识面和可选用范围，在保证其科学性的前提下，使之具有更广泛的适用性。鉴于此，本教材在涵盖生理学基本内容和生命现象普遍规律的基础上，主要突出畜禽、鱼类生理特点，并对其他经济动物的生理特性加以比较，使之既具有明显的针对性又具有较广泛的适用性。

现代生物学发展迅速，新进展层出不穷，但作为受课程学时限制的专业基础课教材，再版时只宜删除已过时的内容，适当增加某些新的重要进展，仍以介绍学科基础内容为主。因此，本教材一方面充分阐明生理学的基本概念、基本原理和基本内容，为学生进入后续课程学习打下坚实基础；另一方面适当介绍现代细胞、分子生理学的新知识、新进展，使学生了解本学科发展的前沿，为今后考研或从事有关研究工作铺路。

生理学的概念和内容繁多，学生对所学内容的理解和掌握存在一定难度。此次再版在每章前新增有“主要内容、重点、难点”的提示，章末有复习思考题，以期在引导学生掌握生理学基本理论和主要内容方面发挥其助学和导学的作用。

本教材从2011年8月出版至今已近5年，为了进一步提高教材质量，此次再版对书中错漏不足之处做了认真修改，并增添了部分新的章节和内容。所编教材内容翔实、层次清晰、图文并茂、易读易懂，可供高等院校动物类多种专业本科生使用，亦可供研究生入学考试时参考。教师在使用本教材时，可根据不同层次、不同专业的需要，选择讲授其中有关内容。由于编者水平有限，书中定有不足之处，恳请广大读者批评指正！

周定刚

2016-02-20

# 第1版前言

多年来,我国高等农业院校原畜牧、兽医专业使用的都是南京农业大学主编的《家畜生理学》教材。南京农业大学对畜牧、兽医专业教材建设作出了重要贡献。近年来,随着高校教学改革不断深入,专业口径日益拓宽,生理学仅以家畜为介绍对象已逐渐凸显出它的局限性。目前高等农林院校已开设有动物科学、动物医学、生物技术、水产养殖、野生动物资源保护等多种专业,生理学作为一门专业基础课,其教材应具有更广泛的适用性。

教材是知识的载体,传承知识有赖于优秀的教材。优秀教材应以先进的教育理念为指导,充分体现人才培养目标的需求。现代生理学虽然主要是伴随医学发展起来的一门科学,但是高等农林院校人才培养模式与医学院校不尽相同。因此,所使用的生理学教材应与医学院校的《人体生理学》有所区别。

本书名为《动物生理学》,但动物门类繁多,限于篇幅既不可能、也没必要提及每类动物。考虑到当前高等农林院校动物类专业设置的特点,以及克服过去专业划分过细和基础过窄的弊病,本书在涵盖动物生理学基本内容的基础上,突出畜禽、鱼类生理特点,并对其他经济动物的生理特性加以比较,使之既具有明显的针对性又具有广泛的实用性;为便于学习,本书以各主要生理系统为主线,分述动物各器官系统的主要生理功能、活动规律及其调节机制,并适当反映现代细胞、分子生理学的突破与进展,以拓宽学生的知识面。本书文字简洁、层次清晰、图文并茂、易读易懂。

本书由国内11所高等院校处在教学、科研第一线的16位教师共同编写。具体分工如下:第1章,周定刚;第2章,黄庆洲、王讯、赵翠燕;第3章,韩克光;第4章,黎德兵、何立太、司晓辉;第5章,何立太、王讯;第6章,吴星宇、肖玲远、康波、何立太;第7章,朱晓彤、田兴贵;第8章,王纯洁、田兴贵;第9章,严亨秀;第10章,王月影;第11章,田兴贵;第12章,王纯洁。全书由周定刚统稿。

在编写过程中,各位编者认真负责,尽心尽力,为保证教材质量付出了辛勤劳动,给予了极大支持。在此谨向各位参编者表示深切的谢意!

由于我们的知识水平和编写能力有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正!

周定刚

2011-04-14

# 目 录

## 第2版前言

## 第1版前言

## 第1章 绪 论 ..... (1)

### 1.1 动物生理学概述 ..... (2)

#### 1.1.1 动物生理学的研究对象 ... (2)

#### 1.1.2 动物生理学的研究方法 ... (3)

### 1.2 生命活动的基本特征 ..... (4)

#### 1.2.1 新陈代谢 ..... (4)

#### 1.2.2 兴奋性 ..... (4)

#### 1.2.3 适应性 ..... (5)

#### 1.2.4 生殖 ..... (5)

### 1.3 机体的内环境、稳态和生物节律 ..... (6)

#### 1.3.1 内环境和稳态 ..... (6)

#### 1.3.2 生物节律 ..... (6)

### 1.4 机体功能的调节 ..... (7)

#### 1.4.1 神经调节 ..... (7)

#### 1.4.2 体液调节 ..... (8)

#### 1.4.3 自身调节 ..... (9)

### 1.5 动物体内的控制系统 ..... (9)

#### 1.5.1 非自动控制系统 ..... (9)

#### 1.5.2 反馈控制系统 ..... (10)

#### 1.5.3 前馈控制系统 ..... (11)

## 第2章 细胞的基本功能 ..... (13)

### 2.1 细胞膜的基本结构和物质转运 功能 ..... (14)

#### 2.1.1 膜的化学组成和分子结构 ..... (14)

#### 2.1.2 细胞膜的物质转运功能 ... (18)

### 2.2 细胞的信号转导 ..... (23)

#### 2.2.1 细胞信号转导概述 ..... (23)

#### 2.2.2 主要的信号转导方式 ... (24)

### 2.3 细胞的兴奋性和生物电现象 ... (31)

#### 2.3.1 细胞的兴奋和兴奋性 ... (31)

#### 2.3.2 静息电位及其产生机制 ... (34)

#### 2.3.3 动作电位及其产生机制 ... (35)

### 2.4 骨骼肌的收缩功能 ..... (41)

#### 2.4.1 骨骼肌的收缩形式 ..... (42)

#### 2.4.2 骨骼肌收缩机制 ..... (42)

#### 2.4.3 骨骼肌兴奋-收缩耦联 ... (46)

## 第3章 血 液 ..... (50)

### 3.1 概 述 ..... (51)

#### 3.1.1 血液的组成和血量 ..... (51)

#### 3.1.2 血液的功能 ..... (53)

#### 3.1.3 血液的理化特性 ..... (54)

### 3.2 血细胞生理 ..... (55)

#### 3.2.1 造血过程和造血微环境 ... (55)

#### 3.2.2 红细胞生理 ..... (57)

#### 3.2.3 白细胞生理 ..... (61)

#### 3.2.4 血小板生理 ..... (63)

### 3.3 血液凝固 ..... (66)

#### 3.3.1 凝血因子 ..... (66)

#### 3.3.2 血液凝固的过程 ..... (67)

#### 3.3.3 抗凝系统与纤维蛋白溶解 ..... (70)

#### 3.3.4 促凝与抗凝措施 ..... (72)

### 3.4 血 型 ..... (72)

#### 3.4.1 红细胞的凝集现象 ..... (72)

#### 3.4.2 人类与动物的血型 ..... (73)

3.4.3 输血原则 .....	(75)	4.4.2 血管生理 .....	(121)
3.5 家禽血液生理特点 .....	(76)	4.4.3 心血管活动的调节 .....	(122)
3.5.1 血液的基本组成 .....	(76)	4.5 鱼类血液循环生理特点 .....	(122)
3.5.2 血浆的主要成分 .....	(76)	4.5.1 鱼类的心脏 .....	(122)
3.5.3 血液的理化特性 .....	(77)	4.5.2 鳃循环 .....	(124)
3.5.4 血细胞 .....	(77)	4.5.3 体循环 .....	(126)
3.5.5 血液凝固 .....	(79)	4.5.4 血液循环的调节 .....	(129)
3.6 鱼类血液生理特点 .....	(80)	<b>第5章 呼吸</b> .....	(133)
3.6.1 血液的组成 .....	(80)	5.1 哺乳动物的呼吸 .....	(134)
3.6.2 血浆的主要成分 .....	(80)	5.1.1 肺通气 .....	(134)
3.6.3 血量 .....	(81)	5.1.2 肺换气与组织换气 .....	(143)
3.6.4 血液的理化特性 .....	(81)	5.1.3 气体在血液中的运输 .....	(145)
3.6.5 血细胞 .....	(82)	5.1.4 呼吸运动的调节 .....	(150)
3.6.6 血液凝固 .....	(84)	5.2 禽类呼吸的生理特点 .....	(156)
<b>第4章 血液循环</b> .....	(86)	5.2.1 禽类呼吸系统解剖特点 .....	(156)
4.1 心脏生理 .....	(87)	5.2.2 禽类呼吸生理特点 .....	(157)
4.1.1 心脏的泵血功能 .....	(87)	5.3 鱼类的呼吸 .....	(158)
4.1.2 心脏的生物电活动与电生理特性 .....	(93)	5.3.1 鱼类的呼吸器官 .....	(158)
4.1.3 心电图 .....	(101)	5.3.2 鳃呼吸 .....	(160)
4.2 血管生理 .....	(103)	5.3.3 鱼类的特殊呼吸方式 .....	(165)
4.2.1 各类血管的结构和功能特点 .....	(103)	<b>第6章 消化与吸收</b> .....	(167)
4.2.2 血流量、血流阻力与血压 .....	(103)	6.1 概述 .....	(168)
4.2.3 动脉血压与动脉脉搏 .....	(105)	6.1.1 消化的方式 .....	(168)
4.2.4 静脉血压与静脉回流 .....	(108)	6.1.2 消化道平滑肌的生理特性 .....	(169)
4.2.5 微循环 .....	(108)	6.1.3 消化道的神经支配 .....	(170)
4.2.6 组织液 .....	(110)	6.1.4 消化道的内分泌功能 .....	(171)
4.2.7 淋巴液的生成与回流 .....	(111)	6.2 口腔消化 .....	(173)
4.3 心血管活动的调节 .....	(112)	6.2.1 采食和饮水 .....	(173)
4.3.1 神经调节 .....	(112)	6.2.2 唾液分泌 .....	(174)
4.3.2 体液调节 .....	(117)	6.2.3 咀嚼 .....	(176)
4.3.3 自身调节 .....	(120)	6.2.4 吞咽 .....	(176)
4.4 禽类血液循环生理特点 .....	(120)	6.3 胃内消化 .....	(176)
4.4.1 心脏生理 .....	(120)	6.3.1 单胃内的消化 .....	(176)



6.3.2 复胃内的消化 .....	(183)	<b>第8章 排泄与渗透压调节</b> .....	(253)
6.4 小肠内消化 .....	(193)	8.1 概 述 .....	(254)
6.4.1 小肠内消化液的分泌 ..	(193)	8.1.1 排泄和排泄途径 .....	(254)
6.4.2 小肠的运动 .....	(198)	8.1.2 肾脏的功能概述 .....	(254)
6.5 大肠内消化 .....	(200)	8.1.3 肾脏的功能结构 .....	(255)
6.5.1 大肠液的分泌 .....	(200)	8.2 泌尿生理 .....	(258)
6.5.2 大肠的运动 .....	(200)	8.2.1 尿液的理化性质及成分 .....	(258)
6.5.3 粪便的形成与排便 .....	(201)	8.2.2 尿的生成过程 .....	(259)
6.5.4 大肠内的微生物消化 ..	(201)	8.2.3 肾脏泌尿功能的调节 ..	(267)
6.6 吸 收 .....	(202)	8.3 尿的浓缩与稀释 .....	(269)
6.6.1 吸收的部位 .....	(202)	8.3.1 尿液浓缩和稀释的概念 .....	(269)
6.6.2 吸收的途径和机制 .....	(203)	8.3.2 尿液浓缩和稀释的原理 .....	(269)
6.7 家禽消化的特点 .....	(208)	8.3.3 尿的浓缩与稀释过程 ..	(272)
6.7.1 家禽的消化器官 .....	(208)	8.4 尿的排出 .....	(273)
6.7.2 家禽消化的特点 .....	(211)	8.4.1 膀胱与尿道的神经支配 .....	(273)
6.8 鱼类消化的特点 .....	(216)	8.4.2 排尿反射 .....	(273)
6.8.1 消化器官 .....	(216)	8.5 禽类排泄特征 .....	(273)
6.8.2 鱼类消化和吸收特点 ..	(221)	8.5.1 禽尿生成的特点 .....	(273)
<b>第7章 能量代谢与体温调节</b> .....	(226)	8.5.2 禽尿的理化特性和尿量 .....	(274)
7.1 能量代谢 .....	(226)	8.5.3 禽类鼻腺的排盐机能 ..	(274)
7.1.1 能量的来源与利用 .....	(227)	8.6 渗透压调节 .....	(274)
7.1.2 能量代谢的测定原理与 .....	(229)	8.6.1 渗透压调节器官 .....	(275)
7.1.3 基础代谢与静止能量代谢 .....	(232)	8.6.2 渗透压的调节 .....	(277)
7.1.4 鱼类的能量代谢 .....	(234)	<b>第9章 神经系统</b> .....	(280)
7.2 体温及其调节 .....	(237)	9.1 神经元与神经胶质细胞 .....	(280)
7.2.1 动物的体温 .....	(237)	9.1.1 神经元 .....	(281)
7.2.2 机体的产热与散热 .....	(239)	9.1.2 神经胶质细胞 .....	(285)
7.2.3 体温的调节 .....	(243)	9.2 神经元间的信息传递 .....	(287)
7.2.4 恒温动物对环境温度的 .....	(246)	9.2.1 化学性突触传递 .....	(287)
7.2.5 家禽的体温及体温调节 .....	(248)	9.2.2 电突触传递 .....	(295)
		9.3 反射活动的一般规律 .....	(296)

9.3.1 反射与反射弧 .....	(296)	9.8.2 动力定型 .....	(320)
9.3.2 中枢神经元的联系方式 .....	(297)	9.8.3 神经活动类型 .....	(321)
9.3.3 反射活动的一般特征 ..	(298)	9.8.4 觉醒与睡眠 .....	(322)
9.3.4 中枢抑制 .....	(298)	9.9 禽类中枢神经系统特点 .....	(324)
9.3.5 中枢易化 .....	(300)	9.9.1 脑 .....	(324)
9.4 中枢神经系统概述 .....	(300)	9.9.2 脊髓 .....	(325)
9.4.1 脊髓 .....	(300)	9.10 鱼类中枢神经系统 .....	(325)
9.4.2 脑干 .....	(301)	9.10.1 脊髓 .....	(325)
9.4.3 小脑 .....	(301)	9.10.2 延脑 .....	(325)
9.4.4 间脑 .....	(302)	9.10.3 小脑 .....	(325)
9.4.5 大脑半球 .....	(302)	9.10.4 中脑 .....	(326)
9.5 神经系统的感觉分析功能 ..	(302)	9.10.5 间脑 .....	(326)
9.5.1 感受器 .....	(302)	9.10.6 端脑和嗅叶 .....	(326)
9.5.2 脊髓的感觉传导与分析 功能 .....	(305)	<b>第10章 内分泌系统 .....</b>	<b>(328)</b>
9.5.3 丘脑及其感觉投射系统 .....	(305)	10.1 概 述 .....	(329)
9.6 神经系统对躯体运动的调节 .....	(308)	10.1.1 激素及其作用方式 ..	(329)
9.6.1 脊髓对躯体运动的调节 .....	(309)	10.1.2 激素的分类 .....	(330)
9.6.2 低位脑干对躯体运动的 调节 .....	(310)	10.1.3 激素的生理作用及其作用 特征 .....	(332)
9.6.3 基底神经节对躯体运动的 调节 .....	(312)	10.1.4 激素的作用机制 .....	(334)
9.6.4 小脑对躯体运动的调节 .....	(313)	10.1.5 激素分泌的调节 .....	(336)
9.6.5 大脑皮层对躯体运动的 调节 .....	(314)	10.2 下丘脑与垂体 .....	(338)
9.7 神经系统对内脏活动的调节 .....	(315)	10.2.1 下丘脑的内分泌功能 .....	(338)
9.7.1 交感神经和副交感神经 .....	(316)	10.2.2 腺垂体的内分泌功能 .....	(340)
9.7.2 内脏活动的中枢调节 ..	(318)	10.2.3 神经垂体的内分泌功能 .....	(343)
9.8 脑的高级功能 .....	(319)	10.3 甲状腺 .....	(344)
9.8.1 条件反射 .....	(320)	10.3.1 甲状腺激素的合成和代谢 .....	(344)
		10.3.2 甲状腺激素的生理作用 .....	(346)
		10.3.3 甲状腺激素分泌的调节 .....	(348)
		10.4 肾上腺 .....	(350)

- 10.4.1 肾上腺皮质激素 ..... (350)
- 10.4.2 肾上腺髓质激素 ..... (353)
- 10.5 胰 岛 ..... (355)
- 10.5.1 胰岛素 ..... (355)
- 10.5.2 胰高血糖素 ..... (357)
- 10.5.3 胰岛分泌的其他激素  
..... (358)
- 10.6 调节钙磷代谢的激素 ..... (358)
- 10.6.1 甲状旁腺素的生理作用  
..... (359)
- 10.6.2 降钙素的生理作用 ... (359)
- 10.6.3 1,25-二羟胆钙化醇的  
生理作用 ..... (360)
- 10.6.4 甲状旁腺素、降钙素、  
1,25-二羟胆钙化醇分泌  
的调节 ..... (361)
- 10.7 其他内分泌腺和激素 ..... (362)
- 10.7.1 松果体 ..... (362)
- 10.7.2 胸腺素 ..... (362)
- 10.7.3 前列腺素 ..... (363)
- 10.7.4 瘦素 ..... (364)
- 10.7.5 外激素(信息素) ..... (365)
- 10.8 禽类内分泌特点 ..... (366)
- 10.8.1 脑垂体 ..... (366)
- 10.8.2 甲状腺 ..... (367)
- 10.8.3 甲状旁腺 ..... (367)
- 10.8.4 腮后腺 ..... (367)
- 10.8.5 肾上腺 ..... (367)
- 10.8.6 胰岛 ..... (368)
- 10.8.7 性腺 ..... (368)
- 10.8.8 松果腺 ..... (369)
- 10.9 鱼类内分泌器官 ..... (369)
- 10.9.1 下丘脑 ..... (369)
- 10.9.2 脑垂体 ..... (370)
- 10.9.3 甲状腺 ..... (376)
- 10.9.4 肾上腺 ..... (376)
- 10.9.5 松果体(腺) ..... (377)
- 10.9.6 胰岛和胃肠道激素 ... (379)
- 10.9.7 其他腺体 ..... (380)
- 第11章 生殖** ..... (383)
- 11.1 哺乳动物生殖生理 ..... (384)
- 11.1.1 雄性生殖生理 ..... (384)
- 11.1.2 雌性生殖生理 ..... (388)
- 11.1.3 受精与授精 ..... (394)
- 11.1.4 妊娠 ..... (398)
- 11.1.5 分娩 ..... (403)
- 11.2 禽类生殖生理 ..... (407)
- 11.2.1 雄禽生殖生理的特点 ... (407)
- 11.2.2 雌禽生殖生理的特点 ... (408)
- 11.2.3 禽类受精 ..... (413)
- 11.3 鱼类生殖生理 ..... (413)
- 11.3.1 鱼类性腺的构造与发育  
..... (414)
- 11.3.2 性成熟和生殖周期 ... (416)
- 11.3.3 鱼类的促性腺激素 ... (417)
- 11.3.4 排卵和产卵 ..... (419)
- 第12章 泌 乳** ..... (420)
- 12.1 乳腺的结构 ..... (421)
- 12.1.1 乳腺的解剖组织学结构  
..... (421)
- 12.1.2 乳腺的腺泡、导管系统  
和乳池 ..... (421)
- 12.1.3 乳腺的血管系统、淋巴  
系统和神经系统 ..... (422)
- 12.2 乳腺的发育及其调节 ..... (424)
- 12.2.1 乳腺的发育 ..... (424)
- 12.2.2 乳腺发育的调节 ..... (425)
- 12.3 乳的分泌 ..... (427)
- 12.3.1 乳的生成 ..... (427)
- 12.3.2 乳的分泌 ..... (430)
- 12.4 乳 ..... (431)
- 12.4.1 初乳 ..... (431)

12.4.2 常乳 .....	(432)	13.1.1 皮肤 .....	(436)
12.4.3 乳的生物活性物质 .....	(432)	13.1.2 毛被 .....	(441)
12.5 乳的排出 .....	(432)	13.2 皮肤和毛被内的色素 .....	(444)
12.5.1 乳的蓄积 .....	(433)	13.2.1 皮肤和毛被内色素的形成 .....	(445)
12.5.2 排乳过程 .....	(434)	13.2.2 色素的生理作用 .....	(446)
12.5.3 排乳反射 .....	(434)		
12.5.4 排乳抑制 .....	(435)		
<b>第13章 皮肤生理</b> .....	(436)	<b>参考文献</b> .....	(447)
13.1 毛皮兽的毛皮 .....	(436)	<b>名词索引</b> .....	(449)

## 本章主要内容

1. 生理学是生物科学的一个分支,是研究生物机体生命活动现象或功能活动规律的科学。生理学研究大致涉及以下3个不同层次或水平:一是细胞和分子水平的研究;二是关于器官和系统水平的研究;三是整体水平的研究。

2. 生理学的一切理论都来自实验。所用实验方法,按其进程通常可分为急性实验和慢性实验两大类。急性实验由于研究对象不同,又可分为离体实验和在体实验。

3. 生理学中所阐明的生命活动现象四大基本特征是新陈代谢、兴奋、生殖和适应。

4. 体内各种组织细胞直接生存的环境称为内环境,通常指细胞外液。细胞外液的化学成分和理化特性经常一定的范围内变动,并保持相对恒定,称为内环境相对稳定,又称稳态。生物体内的各种功能活动常按一定的时间顺序发生变化,如果这种变化周而复始地出现,这类变化的节律就称为生物节律。

5. 机体对各种功能活动的调节方式主要有3种,即神经调节、体液调节和自身调节。

①神经调节是通过神经系统的活动所实现的一种调节方式。神经活动的基本过程是反射。反射活动的结构基础为反射弧。神经调节的特点是比较迅速而精确,作用部位局限,持续时间较短。

②体液调节是指通过体液中的某些特殊化学物质,主要是激素所实现的一种调节方式。体液调节的特点是效应出现缓慢,作用部位比较广泛,持续时间较长。

③自身调节是指组织、细胞在不依赖于外来神经或体液调节的情况下,自身对刺激发生的适应性反应过程。自身调节的特点是调节强度较弱、影响范围较小,且灵敏度较低,但对维持局部的自稳态具有一定意义。

6. 运用控制论原理分析动物的调节活动时,可将其分为3类控制系统,即非自动控制系统、反馈控制系统和前馈控制系统。

①非自动控制系统是一个“开环”系统,即仅由控制部分对受控部分发出活动的指令,而受控部分的活动不能反馈改变控制部分的活动。这种控制方式是单向的,无自动控制能力,在体内并不多见。

②反馈控制系统是一个“闭环”系统,又称为自动控制系统。指在控制系统发出指令管理受控系统的同时,受控系统可通过反馈信息反过来影响控制系统的活动。反馈信息对控制系统的活动可以产生不同的影响:如果经过反馈调节,受控系统的活动向原先相反的方向发生改变,这种调节方式称为负反馈调节;相反,如果反馈调节使受控系统原来的活动继续加强,则称为正反馈调节。负反馈控制系统的作用是使系统保持稳定、平衡,因而是可逆的过程。正反馈控制系统的作用则是破坏系统原来的稳定、平衡,使整个系统处于再生状态,是不可逆的、不断增强的过程。

③前馈控制系统是指当控制部分发出信号,指令受控部分进行某一活动时,受控部分不发

出反馈信息,而是由某一监测装置在受到刺激后发出前馈信息,作用于控制部分,使其及早做出适应性反应,及时地调控受控部分的活动。前馈可以避免负反馈调节时矫枉过正产生的波动和反应的滞后现象,使调节控制更富有预见性,更具有适应性意义。

### 本章重点与难点

本章重点:兴奋性、内环境、稳态的概念,机体功能的调节。

本章难点:反馈控制系统和前馈控制系统。

## 1.1 动物生理学概述

### 1.1.1 动物生理学的研究对象

生理学(physiology)是生物科学(biological sciences)的一个重要分支,是一门研究生物机体生命活动现象及其功能活动规律的科学。生理学按不同研究对象可以分为动物生理学、植物生理学及人体生理学等。其中动物生理学又可根据其研究的动物门类不同分为家畜生理学、家禽生理学、鱼类生理学、昆虫生理学以及比较各类动物生理特征的比较生理学等。

动物生理学是以动物生理功能为研究对象的科学。所谓生理功能就是指生物机体及其各组成部分表现出的各种生命活动现象或生理作用,如血液循环、呼吸、消化、肌肉运动等。生物体是一个结构功能极其复杂的整体,在研究其功能活动机制即生命活动规律时,需要从不同层次提出问题进行研究,一般说来,动物生理学研究大致涉及以下3个不同层次或水平。

第一,关于生命现象的细胞和分子机制的研究(细胞和分子水平的研究)。完整的动物体是由各种器官和组织构成,而其基本的结构和功能单位是各种细胞。每一器官的功能都与构成该器官的各种组织和各个细胞的生理特性有密切联系;而细胞的生理特性又是由构成细胞的各个分子,特别是细胞中各种生物大分子的物理和化学特性决定的。例如,肌细胞发生收缩,是由于组成肌细胞的各种特殊蛋白质分子,在某些离子浓度变化的影响下,其排列方式发生改变的结果(详见第2章细胞的基本功能)。细胞的生理特性还取决于它们所表达的各种基因;而在不同环境条件下,基因的表达可发生相应变化,从而引起细胞类型和功能的改变。例如,不同营养条件下,畜禽生长激素基因的表达有很大差别;在恶劣生态条件下,许多基因的表达都被明显抑制。因此,生理学的研究还必须深入到分子水平。在细胞和分子水平上进行的研究,其研究对象是细胞和构成细胞的分子。在这个水平上进行研究所获取的生理学知识,称为细胞生理学(cell physiology)或普通生理学(general physiology)。

第二,关于机体内各器官和系统的功能的研究(器官和系统水平的研究)。19世纪以来,生理学主要展开器官和系统功能活动的研究,即着重阐明器官和系统的功能、活动规律以及它们受哪些因素的调控,等等。例如对心搏的研究,需要了解搏动从心脏的什么部位开始,心脏各部分搏动的相互关系,以及体内哪些因素可以直接影响和怎样影响心搏的频率和强度等,这些问题是不能直接从心肌蛋白质分子的研究中得到回答的,而必须对完整的心脏进行观察或实验研究才能阐明。这类研究以器官及系统为对象,在这个水平上的研究和所获得的生理学知识,属于器官生理学(organ physiology)的内容,如循环生理学、呼吸生理学、消化

生理学、肾脏生理学等。目前,学生学习的动物生理学课程内容,大部分属于器官生理学方面的知识。

第三,关于机体内各器官、系统的相互联系和相互影响,以及机体与环境之间的相互联系和相互影响的研究(整体水平的研究)。整体水平研究是以完整的机体为研究对象,分析在各种生理条件下不同器官、系统之间相互联系和协调的规律。例如,上述心搏活动的频率和强度,在完整动物体内,随时受到体内其他器官功能和体外环境条件变化的影响而经常发生变动。在生理情况下,由于体内具有复杂的调节系统,能使心搏活动同机体的其他活动互相协调配合,以适应当时身体各个部分对血液供应的需要,使之在不断变化着的环境中维持正常的生命活动。所有这些关于整体生理功能调节和适应的规律,都必须以完整机体为研究对象才能阐明。这种研究可称为整体水平的研究。

如前所述,生理学是生物科学的一个分支,是研究生物机体功能活动的科学。传统生理学的任务就是研究这些生理功能的发生机制、条件以及机体内外环境中的各种变化对这些功能的影响,从而掌握各种生理变化规律,更好地为人类及其生产活动服务。

### 1.1.2 动物生理学的研究方法

动物生理学是一门理论性、实践性都很强的科学。动物生理学的每一个知识结论均是从观察、实验中获得。所谓观察,就是如实地把自然界的某种客观现象记录下来,加以概括和统计,作出结论。所谓实验,就是人为地创造一定条件,使平时不能观察到的某种隐蔽或微细的生理变化能够被观察,或某种生理变化的因果关系能够被认识。绝大多数生理学问题都要借助于这类方法进行研究,因此实验研究的方法对动物生理学的进展至关重要。生理学所用实验方法,按其进程通常可分为急性实验和慢性实验两大类。

#### 1.1.2.1 急性实验

急性实验由于研究对象不同,又可将其分为离体实验(*in vitro* experiment)和在体实验(*in vivo* experiment)。

①离体实验 又称为离体器官实验,是指从活着的或刚死去的动物体内分离出组织、器官,置于与体内环境相似的人工模拟环境中,使其在短时间内保持生理功能,以便进行研究。例如,将蛙的心脏取出,用近似血浆成分的溶液进行灌流,这样蛙心就能搏动数小时以上,从而可对其进行各种观察、研究。

②在体实验 也称为活体解剖实验,是指在麻醉或毁损大脑的情况下,对动物进行活体解剖,暴露所要研究的器官,在完整动物身上所进行的各种观察或实验。例如,胃肠运动的直接观察等。

由于离体器官和活体解剖实验过程时间短暂,实验后动物一般不能存活,所以将此称为急性实验。此法的优点在于实验条件和研究对象较为简单,容易排除其他因素的干扰,可以对实验对象进行直接观察和细致分析,并可较快获得实验结果。但急性实验是在脱离整体条件,或者是在受到解剖或麻醉的情况下进行的,故所获结果与正常生理功能差异较大,常有一定的局限性。

#### 1.1.2.2 慢性实验

慢性实验是以完整、健康的动物为研究对象,一般在动物清醒状态下进行实验,在一定



时间内在同一动物身上多次、重复地观察其体内某些器官或某些生理指标的变化。慢性实验可以研究复杂的生理活动、器官之间的协调关系,以及机体的生理活动如何与外界环境相适应。例如,将埋藏电极植入动物脑内某一部位,施予电刺激以观察分析与此部位相关的生理功能活动。又如,在无菌条件下给动物安置慢性瘘管(消化瘘管、血管瘘管等),直接观察某些器官的生理活动规律等。这种动物可以在正常的饲养管理条件下,进行较长时间的观察、实验,故称之为慢性实验。慢性实验法的优点在于研究对象是完整、健康动物,又是在自然、正常条件下进行,因此所获结果比较符合整体的生理活动规律。其缺点是实验条件要求高、时间长、影响因素多,所获结果不易分析,应用范围常受限制。

总之,上述研究方法各有其特殊意义和一定的局限性,可以相互补充、取长补短。无论采用哪种实验方法,在解释结果时,必须实事求是,既不能把局限于某种特定条件下所获得的资料引申为普遍规律;更不能把一种动物的实验结果,不加区别地移用于所有的动物。

## 1.2 生命活动的基本特征

非生物不能表现生命活动,只有生物才具有生命,但生物体也可能在一定时间内不表现出生命现象,如处于特殊冷冻状态下的组织和结晶状态的病毒颗粒等。长期以来,人们通过对单细胞生物乃至高等动物等各种基本生命活动的观察研究,发现这些生命现象至少包括4种基本特征——新陈代谢(metabolism)、兴奋性(excitability)、适应性(adaptability)和生殖(reproduction)。因为这些活动是生物体所特有的,可以认为是生命活动的基本特征。

### 1.2.1 新陈代谢

生活在适宜环境中的生物体,总是在不断地重新建造自身的特殊结构,同时又在不断地破坏自身已衰老的结构,这个过程称为自我更新。生物体只有在适宜的环境中才能自我更新,一方面它要从环境中摄取各种营养物质,经过改造或转化,提供构建自身结构所需的原料和能量;另一方面又不断分解体内物质,释放出能量满足各种生命活动的需要,并将分解产物排出体外。生物体与外界环境之间的物质和能量交换,以及体内的物质和能量自我更新的过程,称为新陈代谢。新陈代谢包含物质代谢(合成代谢、分解代谢)和能量代谢(能量转换与利用),通过这两方面密切联系的活动,生物体才能实现自我更新,使生命得以维持。新陈代谢一旦停止,生命活动随之结束,因此新陈代谢是生命活动最基本的特征。

### 1.2.2 兴奋性

机体生活在一定的环境中,当环境发生变化时,机体会主动对环境的变化作出适宜的反应。例如单细胞生物阿米巴,当附近环境中出现食物颗粒时,它们即伸出伪足,将食物摄入体内;而当碰到有害物质时,则伸出伪足游走逃避。在日常生活中,当动物看到强烈的光线时,其瞳孔会立即缩小,以避免强光对视网膜造成伤害。在生理学上,将这种能引起机体反应的内外环境变化称为刺激(stimulus),而将机体应答刺激所产生的变化称为反应(response)。



机体内不同组织细胞对刺激产生的反应表现形式不同,神经表现为产生和传导冲动,肌肉表现为收缩,而腺体则表现为分泌。通常生理学中将这些接受刺激后能迅速产生某种特定生理反应的组织称为可兴奋组织。可兴奋组织在受到刺激产生反应时,有两种表现形式:一种是由相对静止的状态转变为明显的活动状态,或由原活动较弱的状态转变为活动较强的状态,这称为兴奋(excitation)。由于可兴奋组织在发生反应之前都会首先在细胞膜上产生动作电位的变化,因此现代生理学也将能对刺激产生动作电位的组织称为可兴奋组织,而将组织细胞接受刺激后产生动作电位的现象称为兴奋。另一种表现形式是由活动状态转变为相对静止状态,或由活动较强的状态转变为活动较弱的状态,这称为抑制(inhibition)。

活组织细胞(可兴奋组织、细胞)受到刺激具有产生反应(动作电位)的能力或特性,称为兴奋性(excitability)。如果细胞对很弱的刺激就能发生反应、产生动作电位,表示该细胞具有较高的兴奋性;如果需要较强的刺激才能引起兴奋,则表明细胞的兴奋性较低。不同的组织细胞对同样刺激的反应不同,通常可以采用阈值衡量兴奋性的高低(详见第2章)。

如前所述,机体对环境变化能主动作出相应反应,这是一切活组织、细胞普遍具有的功能。机体所表现出的各种生命活动过程,如呼吸、消化等,无不是以各组织、细胞的兴奋性和兴奋为前提,所以应当把兴奋性看作是生命活动的基本特征之一。

### 1.2.3 适应性

非生物不具有适应性,只有生物能随着环境的变异,不断改变或调整自身与环境之间的关系,维持内外环境的动态平衡,保证机体的正常生存。机体按环境变化调整自身生理功能的过程称为适应(adaption)。机体能根据内外环境的变化调整体内各种活动,以适应变化的能力称为适应性(adaptability)。适应可分两种:生理性适应和行为性适应。例如,长期生活在高原地区的动物,其血液中红细胞数和血红蛋白含量比生活在平原地区的动物要高,以适应高原缺氧的生存需要,这属于生理性适应;寒冷时人们通过添衣和取暖来抵抗严寒,这是行为性适应。

动物适应性随种属进化程度和个体不同而异,如两栖类和爬行类体温随环境温度而变化,适应性差,低温则要冬眠。鸟类和哺乳类为恒温动物,通过体温调节严冬仍能活动自如。进化程度越高的动物,适应性越强。

### 1.2.4 生殖

生殖是生物区别于非生物的基本特征之一。成熟的个体通过无性或有性繁殖方式产生或形成与本身相似的子代个体,这种功能称为生殖(reproduction),或称自我复制(self-replication)。单细胞生物的自我复制,是由一个亲代细胞通过简单的直接分裂(direct division)或复杂的有丝分裂(mitosis)产生两个子代细胞。高等动物已分化为雌雄两性,需由两性生殖细胞结合以形成新的子代个体。生殖是一切生物繁殖后代,延续种系的一种特征性活动。因此,这也是生命活动的基本特征之一。虽然有的动物具有生命,但不一定能繁殖。例如,马、驴杂交的后代——骡。但这毕竟属于尚未探讨清楚的特殊生殖生理现象,而不能代表生物种群的普遍规律。正如生物体在一定时间或在某种特定条件下(如处在特殊冷冻状态下的组织和