

上海交通大学图书馆

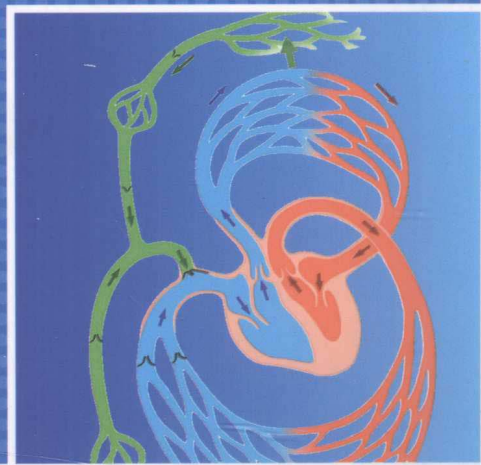


33823342

高等教育“十二五”规划教材

动物生理学

■ 周定刚 主编



中国林业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

动物生理学

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. —北京:中国林业出版社,2011.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5038-6286-1

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(2011)第153801号

中国林业出版社·教材建设与出版管理中心

策划、责任编辑:杜建玲

电话:83282720 83220109 传真:83220109

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:jaocaipublic@163.com 电话:(010)83224477

http://lycb.forestry.gov.cn

经 销 新华书店
印 刷 北京市卫顺印刷厂
版 次 2011年8月第1版
印 次 2011年8月第1次
开 本 850mm×1168mm 1/16
印 张 25.25
字 数 614千字
定 价 40.00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》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)
- 司晓辉 (四川农业大学)
- 朱晓彤 (华南农业大学)
- 严亨秀 (西南民族大学)
- 何立太 (四川农业大学水产学院)
- 吴星宇 (湖北省长江大学)
- 肖玲远 (贵州毕节学院)
- 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)

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

前 言

第1章 绪 论 (1)

- 1.1 动物生理学概述 (1)
 - 1.1.1 动物生理学的研究对象 ... (1)
 - 1.1.2 动物生理学的研究任务 ... (2)
 - 1.1.3 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 (8)
- 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 (9)
 - 1.5.3 前馈控制系统 (10)

第2章 细胞的基本功能 (12)

- 2.1 细胞膜的基本结构和物质转运功能 (12)
 - 2.1.1 膜的化学组成和分子结构 (12)
 - 2.1.2 细胞膜的物质转运功能 (16)
- 2.2 细胞的信号转导 (21)

2.2.1 细胞信号转导概述 (21)

2.2.2 主要的信号转导方式 ... (22)

2.3 细胞的兴奋性和生物电现象 (28)

- 2.3.1 细胞的兴奋和兴奋性 ... (28)
- 2.3.2 静息电位及其产生机制 (30)
- 2.3.3 动作电位及其产生机制 (32)

2.4 骨骼肌的收缩功能 (37)

- 2.4.1 骨骼肌的收缩形式 (38)
- 2.4.2 骨骼肌收缩机制 (39)
- 2.4.3 骨骼肌兴奋—收缩耦联 (42)

第3章 血 液 (46)

- 3.1 概 述 (46)
 - 3.1.1 血液的组成和血量 (46)
 - 3.1.2 血液的主要功能 (48)
 - 3.1.3 血液的理化特性 (49)
- 3.2 血细胞生理 (50)
 - 3.2.1 造血过程和造血微环境 (50)
 - 3.2.2 红细胞生理 (52)
 - 3.2.3 白细胞生理 (55)
 - 3.2.4 血小板生理 (58)
- 3.3 血液凝固 (60)
 - 3.3.1 凝血因子 (60)
 - 3.3.2 血液凝固的过程 (61)
 - 3.3.3 抗凝系统与纤维蛋白溶解 (63)
 - 3.3.4 促凝与抗凝措施 (65)
- 3.4 血型 (65)

3.4.1 红细胞的凝集现象	(65)	5.2.1 禽类呼吸系统解剖特点	(137)
3.4.2 血型	(66)	5.2.2 禽类呼吸生理特点	(138)
3.4.3 输血原则	(68)	5.3 鱼类的呼吸	(139)
第4章 血液循环	(70)	5.3.1 鱼类的呼吸器官	(139)
4.1 心脏生理	(70)	5.3.2 鳃呼吸	(141)
4.1.1 心脏的泵血功能	(71)	5.3.3 鱼类的特殊呼吸方式	(146)
4.1.2 心脏的生物电活动与电生理特性	(77)	第6章 消化与吸收	(148)
4.1.3 心电图	(84)	6.1 概述	(148)
4.2 血管生理	(86)	6.1.1 消化的方式	(149)
4.2.1 各类血管的结构和功能特点	(86)	6.1.2 消化道平滑肌的生理特性	(149)
4.2.2 血流量、血流阻力与血压	(87)	6.1.3 消化道的神经支配	(150)
4.2.3 动脉血压与动脉脉搏	(89)	6.1.4 消化道的内分泌功能	(151)
4.2.4 静脉血压与静脉回流	(91)	6.2 口腔消化	(152)
4.2.5 微循环	(92)	6.2.1 采食和饮水	(152)
4.2.6 组织液	(94)	6.2.1.2 采食的调节	(153)
4.2.7 淋巴液的生成与回流	(95)	6.2.2 唾液分泌	(153)
4.3 心血管活动的调节	(96)	6.2.3 咀嚼	(154)
4.3.1 神经调节	(96)	6.2.4 吞咽	(155)
4.3.2 体液调节	(101)	6.3 胃内消化	(155)
4.3.3 自身调节	(103)	6.3.1 单胃内的消化	(155)
4.4 鱼类血液循环的特点	(104)	6.3.2 复胃内的消化	(160)
4.4.1 鱼类的心脏	(104)	6.4 小肠内消化	(170)
4.4.2 鳃循环	(106)	6.4.1 小肠内消化液的分泌	(170)
4.4.3 体循环	(108)	6.4.2 小肠的运动	(173)
4.4.4 血液循环的调节	(111)	6.5 大肠内消化	(174)
第5章 呼吸	(115)	6.5.1 大肠液的分泌	(174)
5.1 哺乳动物的呼吸	(116)	6.5.2 大肠的运动	(175)
5.1.1 肺通气	(116)	6.5.3 大肠内的微生物消化	(176)
5.1.2 肺换气与组织换气	(124)	6.6 吸收	(176)
5.1.3 气体在血液中的运输	(126)	6.6.1 吸收的部位	(176)
5.1.4 呼吸运动的调节	(131)	6.6.2 吸收的途径和机制	(177)
5.2 禽类呼吸的生理特点	(137)	6.7 家禽消化的特点	(181)
		6.7.1 家禽的消化器官	(181)
		6.7.2 家禽消化的特点	(184)

6.8 鱼类的消化特点	(188)	8.3.3 尿的浓缩与稀释过程 ...	(233)
6.8.1 消化器官	(188)	8.3.4 影响尿浓缩和稀释的因素	
6.8.2 鱼类消化和吸收特点		.....	(234)
.....	(194)	8.4 尿的排出	(234)
第7章 能量代谢与体温调节		8.4.1 膀胱与尿道的神经支配	
.....	(198)	.....	(234)
7.1 能量代谢	(198)	8.4.2 排尿反射	(234)
7.1.1 能量的来源与利用	(198)	8.5 渗透压调节	(235)
7.1.2 能量代谢的测定原理与		8.5.1 渗透压调节器官	(235)
方法	(201)	8.5.2 渗透压的调节	(237)
7.1.3 基础代谢与静止能量代谢		第9章 神经系统概述	(241)
.....	(204)	9.1 神经元与神经胶质细胞	(242)
7.1.4 鱼类的能量代谢	(205)	9.1.1 神经元	(242)
7.2 体温及其调节	(208)	9.1.2 神经胶质细胞	(246)
7.2.1 动物的体温	(209)	9.2 神经元间的信息传递	(248)
7.2.2 机体的产热与散热	(210)	9.2.1 化学性突触传递	(248)
7.2.3 体温的调节	(212)	9.2.2 电突触传递	(256)
7.2.4 家畜对高温和低温的耐受		9.3 反射活动的一般规律	(257)
能力与适应	(215)	9.3.1 反射与反射弧	(257)
第8章 排泄与渗透压调节	(217)	9.3.2 中枢神经元的联系方式	
8.1 概述	(217)	.....	(258)
8.1.1 排泄和排泄途径	(217)	9.3.3 反射活动的一般特征	
8.1.2 肾脏的功能概述	(218)	.....	(259)
8.1.3 肾脏的功能结构	(219)	9.3.4 中枢抑制	(259)
8.2 泌尿生理	(222)	9.3.5 中枢易化	(260)
8.2.1 肾小球的滤过功能	(222)	9.4 中枢神经系统概述	(261)
8.2.2 肾小管与集合管的重吸收		9.4.1 脊髓	(261)
功能	(224)	9.4.2 脑干	(262)
8.2.3 肾小管和集合管的分泌与		9.4.3 小脑	(262)
排泄功能	(228)	9.4.4 间脑	(262)
8.2.4 肾脏泌尿功能的调节 ...	(229)	9.4.5 大脑半球	(263)
8.3 尿的浓缩与稀释	(232)	9.5 神经系统的感觉分析功能 ...	(263)
8.3.1 尿液浓缩和稀释的概念		9.5.1 感受器	(263)
.....	(232)	9.5.2 脊髓的感觉传导与分析功能	
8.3.2 尿液浓缩和稀释的原理		.....	(265)
.....	(232)	9.5.3 丘脑及其感觉投射系统	
		.....	(266)

9.6 神经系统对躯体运动的调节	(269)	10.3 甲状腺	(302)
9.6.1 脊髓对躯体运动的调节	(269)	10.3.1 甲状腺激素的合成与代谢	(302)
9.6.2 低位脑干对躯体运动的调节	(272)	10.3.2 甲状腺激素的生理作用	(304)
9.6.3 基底神经节对躯体运动的调节	(274)	10.3.3 甲状腺激素分泌的调节	(306)
9.6.4 小脑对躯体运动的调节	(274)	10.4 肾上腺	(308)
9.6.5 大脑皮层对躯体运动的调节	(276)	10.4.1 肾上腺皮质激素	(308)
9.7 神经系统对内脏活动的调节	(277)	10.4.2 肾上腺髓质激素	(311)
9.7.1 交感神经和副交感神经	(277)	10.5 胰岛	(313)
9.7.2 内脏活动的中枢调节	(280)	10.5.1 胰岛素	(313)
9.8 脑的高级功能	(281)	10.5.2 胰高血糖素	(315)
9.8.1 条件反射	(281)	10.5.3 胰岛分泌的其他激素	(316)
9.8.2 动力定型	(282)	10.6 调节钙磷代谢的激素	(316)
9.8.3 神经活动类型	(283)	10.6.1 甲状旁腺素的生理作用	(317)
9.8.4 觉醒与睡眠	(284)	10.6.2 降钙素的生理作用	(317)
第10章 内分泌系统	(287)	10.6.3 1,25-二羟胆钙化醇的生理作用	(318)
10.1 概述	(287)	10.6.4 甲状旁腺素、降钙素、1,25-二羟胆钙化醇分泌的调节	(319)
10.1.1 激素及其作用方式	(287)	10.7 其他内分泌腺和激素	(319)
10.1.2 激素的分类	(288)	10.7.1 松果体	(319)
10.1.3 激素的生理作用及其作用特征	(290)	10.7.2 胸腺素	(321)
10.1.4 激素的作用机制	(292)	10.7.3 前列腺素	(321)
10.1.5 激素分泌的调节	(294)	10.7.4 尾下垂体	(322)
10.2 下丘脑与垂体	(295)	10.7.5 瘦素	(323)
10.2.1 下丘脑的内分泌功能	(296)	10.7.6 外激素(信息素)	(323)
10.2.2 腺垂体的内分泌功能	(297)	第11章 生殖	(326)
10.2.3 神经垂体的内分泌功能	(300)	11.1 哺乳动物生殖生理	(326)
		11.1.1 雄性生殖生理	(326)
		11.1.2 雌性生殖生理	(331)
		11.1.3 受精与授精	(337)
		11.1.4 妊娠	(340)

11.1.5 分娩	(345)	12.1.3 乳腺的血管系统、淋巴 系统和神经系统	(364)
11.2 禽类生殖生理	(348)	12.2 乳腺的发育及其调节	(365)
11.2.1 公禽生殖生理的特点	(348)	12.2.1 乳腺的发育	(365)
11.2.2 母禽生殖生理的特点	(350)	12.2.2 乳腺发育的调节	(367)
11.2.3 禽类受精	(354)	12.3 乳的分泌	(368)
11.3 鱼类生殖生理	(355)	12.3.1 乳的生成	(368)
11.3.1 鱼类性腺的构造与发育	(355)	12.3.2 乳的分泌	(371)
11.3.2 性成熟和生殖周期 ...	(357)	12.4 乳	(372)
11.3.3 鱼类的促性腺激素 ...	(358)	12.4.1 初乳	(372)
11.3.4 排卵和产卵	(360)	12.4.2 常乳	(373)
第12章 泌 乳	(362)	12.4.3 乳的生物活性物质 ...	(373)
12.1 乳腺的结构	(362)	12.5 乳的排出	(374)
12.1.1 乳腺的解剖组织学结构	(362)	12.5.1 乳的蓄积	(374)
12.1.2 乳腺的腺泡、导管系统 和乳池	(363)	12.5.2 排乳过程	(375)
		12.5.3 排乳反射	(375)
		12.5.4 排乳抑制	(376)
		参考文献	(377)
		名词索引	(379)

本章导读

绪论既是一门课程的序曲，又是该门课程的缩影。它概括本门课程的基本内容，并逐步引领我们入门。什么是动物生理学？为什么要学习动物生理学？它在生物科学研究领域处于什么地位？与其他学科有着怎样千丝万缕的联系？它研究什么内容？用什么方法进行研究？生物与非生物有何区别？生命现象有哪些基本特征？为什么机体的各种功能活动会如此协调统一？让我们带着这些问题推开动物生理学的大门，在绪论这一章里去寻找答案。

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。

动物生理学是研究正常健康动物机能活动及其规律的科学。动物机体是一个结构功能极其复杂的整体，在研究其机能活动即生命活动规律时，既要研究动物各系统、器官和不同细胞的正常生命活动规律，又要研究在整体水平上各系统、器官、细胞之间的相互联系。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，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(见第2章)。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,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,例如循环生理学、呼吸生理学、消化生理学、肾脏生理学等等。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,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。

1.1.2 动物生理学的研究任务

传统的动物生理学是一门研究动物正常功能和调节的科学。其核心内容是探索动物各种生理活动规律及其调节机制。它的任务就是研究动物各个系统、器官和细胞的正常生命活动过程和规律,研究在整体水平上各系统、器官、细胞之间的相互联系和相互作用,阐明动物作为一个整体,各部分的功能活动怎样互相协调、互相制约,从而在复杂多变的环境中维持正常生命活动过程。

随着近20年细胞生物学和现代分子生物学的飞速发展和突飞猛进,现代生理学的研究手段和方法发生了巨大的变化,传统生理学的概念受到前所未有的挑战。现代生理学不仅重视正常的系统和器官生理学的研究内容,而且特别关注各种生理功能变化在正常和病理状态下的细胞和分子生物学基础。现代生理学与传统意义上的生物化学、细胞生物学、病理生理学等学科之间的严格界限已荡然无存。随着细胞生物学和分子生物学的迅速发展,生理功能研究已深入到微观水平,通过观察细胞、分子及其基因的变化,使人们对生命活动的奥秘有了更为深入的认识。但是,在这种情况下,也应警惕忽视整体研究的倾向。虽然分子生物学的渗入使生理学充满了活力,但分子生物学研究所获得的信息存在一定的局限性,如果不结合整个机体和组织器官的活动,它就会失去意义。整合生理学(integrative physiology)研究的实质就是将整体研究与细胞、分子生物学研究有机地结合起来,用分子生物学现象解释机体在整体功能调节中的作用,同时探讨整体调节机制在细胞、分子水平的变化,使人们对各种生理功能有更全面、深入、完整的认识。尽管如此,应该说生理学各个水平的研究都是必需的,不同水平的研究结果不仅是人类知识的积累,而且可以被用于解决不同的实际问题。

21世纪,科学技术的发展日新月异,生理学必须与时俱进。生理学应逐渐摒弃以往采用单一学科、单一方法和技术进行研究的习惯,代之以多学科、多层次、多方位、全视野的

研究思路。动物生理学这门学科的任务就是要在分子生物学、细胞生物学等基础学科和临床医学、健康养殖之间建造一座桥梁,把目前属于不同学科和不同研究水平上的知识和技术沟通并整合起来,从不同的方向、不同的侧面去逼近和解决复杂的生理学问题,这就是整合生理学的任务,是新世纪生理学研究的重要方向之一。

动物生理学是动物科学、动物医学、动物养殖及野生动物资源保护等专业的一门专业基础课。研究动物生理学的目的,不仅在于揭示动物体的生命活动规律,解释各种生理现象;更重要的是在于掌握动物体的生命活动规律,运用这些规律更有效地改善动物生产性能,预防和治疗动物疾病,保护动物资源,促进畜牧和水产等养殖业的发展。

1.1.3 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,做出结论。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。动物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。

1.1.3.1 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,在完整的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。

1.1.3.2 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、试验,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。生物体与周围环境之间的物质交换和能量交换,以及体内的物质转化和能量转化的过程,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,生物体即停止自我更新,其生命活动也就结束,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)。

可兴奋组织、细胞受到刺激后, 具有产生动作电位的能力, 称为组织、细胞的兴奋性(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章第2.3节)。

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, 例如呼吸、消化等等, 无不是以各个组织、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, 保持机体的正常生存和种族绵延。机体根据环境变化调整自身生理功能的过程称为适应(adaptation)。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)。适应可分为两种: 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, 低温时要冬眠。鸟类和哺乳类为恒温动物, 通过体温调节, 严冬时仍活动自如。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。生物体生长发育到一定阶段后, 能产生与自己相似的子代个体, 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(例如, 处在特殊冷冻状态下的组织和结晶状态的病毒颗粒等), 也可能不表现生命活动一样。

1.3 机体的内环境、稳态和生物节律

1.3.1 内环境和稳态

动物体内所含的液体总称为体液(body fluid)。哺乳动物体内的体液含量,因动物种类、年龄、性别、营养状况和其他因素等而有所不同。正常成年动物体液总量占体重的45%~70%(人约占60%);分布在细胞内的液体称为细胞内液(intracellular fluid),约占体重的2/3;分布在细胞外的液体称为细胞外液(extracellular fluid),约占总重的1/3,包括血浆、组织液、淋巴液和脑脊液。动物的绝大多数细胞并不直接与外界环境接触,而是浸浴在细胞外液中。由于体内细胞直接与细胞外液接触,所以生理学中内环境通常指细胞外液。

内环境(internal environment)是细胞直接赖以生存的环境。细胞的正常生命活动需要一个相对稳定的环境条件,因此细胞外液的化学成分和理化特性(温度、渗透压、酸碱度等)都必须保持在适宜的相对恒定的水平。细胞外液的化学成分和理化特性经常在一定的范围内变动,并保持相对恒定,称为内环境相对稳定,又称稳态、自稳态或内环境稳态等。早在1857年,法国生理学家Claude Bernard就提出了内环境的概念,他还指出,内环境的理化性质是相对稳定的,而内环境的相对稳定则是维持正常生命活动的必要条件。20世纪初,美国生理学家Walter Cannon将希腊语homeo和stasis合成homeostasis(稳态或自稳态)一词来表述这种状态。这种表述揭示了生命活动的正常进行有赖于内环境相对稳定的内在规律。

稳态是一种复杂的、由体内各种调节机制所维持的动态平衡:一方面代谢过程使这种相对恒定遭到破坏,另一方面又通过调节使之恢复平衡。整个机体的生命活动正是在稳态不断受到破坏而又得到恢复的过程中得以维持和进行的。一旦体内器官、系统的活动发生严重紊乱,稳态将难以维持,新陈代谢则不能正常进行,机体的生存即受到严重威胁。

目前,稳态的概念已被大大拓展,它不仅局限于内环境理化特性的动态平衡,也可泛指体内从分子、细胞到器官、系统以至整体各个水平上的生理活动在各种调节机制下所维持的动态平衡状态。

1.3.2 生物节律

生物体内的各种功能活动常按一定的时间顺序发生变化,如果这种变化能按一定时间规律周而复始地出现,就叫做节律性变化,这类变化的节律就称为生物节律(biorhythm)。动物的生物节律,按频率高低可分为高频、中频和低频3类。节律周期低于一天的属于高频节律,例如,心电图的变化,呼吸的周期等。低频节律有周周期、月周期、季节周期、年周期。例如,灵长类月经呈典型月周期变化;季节性繁殖动物(马、羊、狗等),其发情周期具有明显的季节性;候鸟的栖息则有显著的年周期特征。年周期、季节周期和月周期多与动物生殖功能有关。中频节律指的是日周期,这是最重要的生物节律。动物体内几乎每种生理功能都有日周期,即一天一个波动周期,只是其波动的幅度和明显程度不同而已;最明显的如白细胞总数、体温的昼夜波动。此外,血压、心率、尿成分、各种代谢过程强度及对药物反应程度等均有日周期变化。

生物节律的构成包括两个方面：一是生物固有节律，即生物体本身具有的内在节律；二是生物节律受到自然界环境变化的影响，能与环境同步。那些导致生物节律与环境变化同步的因素，称为致同步因素。例如，人为地采用 27 h 或 28 h 的非自然光周期，产蛋鸡的产蛋间隔时间（通常在 23.3 ~ 27.2 h）可与之同步。又如，在自然环境中鲤鱼一般要经过 3 ~ 4 年才能性成熟，若将其人工饲养在 23 ℃ 循环水中，雄鱼可 6 个月成熟，雌鱼可 15 个月成熟。

生物节律产生的确切机制尚未明了，目前认为与松果体、下丘脑视交叉上核等的功能有关。生物节律最重要的生理意义在于可使机体对环境变化作出前瞻性主动适应。此外，临床上也有研究利用这种节律变化来提高药物的治疗效果。

1.4 机体功能的调节

动物有机体由多种不同的细胞、组织和器官所组成，它们分别执行着各不相同的功能。但是，这些组织、器官的功能活动并不是彼此孤立、互不相关的。相反，体内同一器官系统在不同时间的功能活动（例如，消化活动），或在同一时间不同部位器官的功能活动（例如，机体运动），无论在时间和空间上都相互联系、协调配合，作为一个统一的整体而存在和活动。有机体通过其调节机制，把不同时间和空间的机能活动调整统一起来，使之成为整体活动，这种调节作用称为整合（integration）。以消化活动为例，进食前，胃肠运动及各种消化液的分泌其先后次序并不一致。但食物进入口腔后，不仅引起唾液分泌加强，而且胃肠运动及各种消化液如胃液、胰液和胆汁的分泌也同时加强。以上是指不同时间某些顺序性机能活动之间的配合，称为时间上的配合。而空间上的配合，是指同一时间不同部位机能活动之间的配合。例如，动物剧烈运动时，除骨骼肌肉的活动加强外，其他处于不同空间的器官系统活动在同一时间也与之密切配合。如呼吸加强，以便吸入更多氧气和排除大量二氧化碳；心跳加快、血流加速，以便给肌肉输送大量养料和能量；消化和泌尿系统活动受到抑制，以便重新分配器官血液流量使之首先满足肌肉作功需要，等等。上述过程都是通过相应的调节机制实现的。动物体内的调节机制主要有 3 种，即神经调节（nervous regulation），体液调节（humoral regulation）以及器官、组织、细胞的自身调节（autoregulation），其中神经调节占主导地位。

1.4.1 神经调节

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（reflex）。例如，强光照射眼睛会使瞳孔缩小；食物进入口腔能引起唾液分泌增加等，这些都是通过中枢神经系统完成的反射活动。可见，反射是指在中枢神经系统的参与下，机体对内外环境变化所作出的规律性应答。反射活动的结构基础称为反射弧（reflex arc），它由感受器→传入神经→神经中枢→传出神经→效应器等 5 个环节构成。巴甫洛夫在前人的基础上，将反射分为非条件反射和条件反射两类。非条件反射（unconditioned reflex）是指通过遗传、出生后无需训练就具有的反射。其数量有限、适应范围小，是比较固定和形式低级的反射活动，例如防御反射、食物反射和性反射等。非条件反射由非条件刺激所引起，具有固定的神