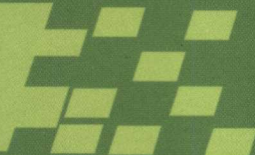




全国高等农林院校规划教材

欧阳五庆 © 主 编

动物生理学



科学出版社
www.sciencep.com

全国高等农林院校规划教材

动物生理学

欧阳五庆 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在系统介绍动物生命活动规律及其调控的基础上,重点突出了牛、猪、羊、鸡等与人类生产活动密切相关的动物生理学知识。

全书共十四章,包括绪论、细胞的基本功能、血液、循环系统生理、呼吸、消化和吸收、能量代谢与体温调节、泌尿、神经系统、肌肉、内分泌、生殖、泌乳、禽类生理。

本书可供高等农林院校动物科学、动物医学、生物科学、生物技术、生物工程、经济动物、野生动物、实验动物等专业的本科生及相关专业的科教人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

动物生理学/欧阳五庆主编. —北京:科学出版社,2006

(全国高等农林院校规划教材)

ISBN 7-03-017679-0

I. 动… II. 欧… III. 动物学:生理学-高等学校-教材 IV. Q4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 080852 号

责任编辑:甄文全 卜 新 / 责任校对:邹慧卿
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 8 月第一次印刷 印张:27

印数:1—5 000

字数:615 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《动物生理学》编写人员

主 编 欧阳五庆

副主编 张才乔 江青艳 胡建民 马恒东

参编人员及单位(按姓氏笔画排序)

马恒东 (四川农业大学)

艾晓杰 (上海交通大学)

丛日华 (西北农林科技大学)

江青艳 (华南农业大学)

刘哲洁 (东北农业大学)

刘玉梅 (河南科技大学)

张才乔 (浙江大学)

张森涛 (西北农林科技大学)

杨焕民 (黑龙江八一农垦大学)

欧阳五庆 (西北农林科技大学)

柳巨雄 (吉林大学)

胡建民 (沈阳农业大学)

郭慧君 (山东农业大学)

贾 斌 (石河子大学)

唐立刚 (西北农林科技大学)

前 言

本教材是科学出版社“农林院校优秀教材系列”内容之一。

本教材以高等农林院校相关专业的本科生为主要阅读对象。在编写的指导思想上，参考了国际流行的动物生理学教材，融合了现代教学成果和教学观念，力求反映动物生理学发展的新概念、新成果、新理论和新技术。强调内容的专业性、科学性、启发性和教学适用性。

在内容上突出了农林类院校的专业特色，充分体现动物生理学相关专业的教学需要。

在结构体系上，以生理功能及其调控为主线，以系统为基本单元，同时注重各系统的内在联系和协调。本教材广泛吸收现代信息技术成果，构筑立体化精品教材系列，将陆续编著教学课件和实验指导等部分，为本教材的学习提供系统的解决方案。

在写作上尽量做到结构合理、逻辑严密、重点突出、特色鲜明、叙述严谨、条理清楚、体例统一。

参加编写的人员都是一线教师，有丰富的教学经验。

由于我们知识水平和编写能力有限，本教材缺点和错误在所难免，恳请读者给予批评指正。

欧阳五庆

2006年5月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 动物生理学研究对象和任务	1
一、动物生理学研究对象	1
二、动物生理学研究任务	1
三、动物生理学研究方法	2
第二节 机体与内环境	3
第三节 动物机体功能的调节	4
一、神经调节	4
二、体液调节	5
三、自身调节	6
第四节 机体的控制系统	6
一、非自动控制系统	7
二、反馈控制系统	7
三、前馈控制系统	8
复习思考题	9
第二章 细胞的基本功能	10
第一节 细胞膜的结构特点和物质转运功能	10
一、细胞膜的结构特点	10
二、细胞膜的物质转运功能	14
三、细胞膜的受体功能	19
第二节 细胞的跨膜信号转导功能	20
一、环腺苷酸信号转导系统	20
二、肌醇信号转导系统	21
三、与酪氨酸激酶直接相连的信号转导系统	21
第三节 细胞的生长、增殖、凋亡与保护	21
一、细胞的生长与增殖	21
二、细胞凋亡	22
三、细胞保护	23
第四节 细胞的兴奋性与生物电现象	24
一、细胞生物电与细胞的兴奋	24
二、生物电产生的机制	26
三、动作电位的传导	28
复习思考题	28

第三章 血液	29
第一节 血液的组成和理化特性	29
一、血液的组成和血量	29
二、血液的理化特性	30
三、血浆	32
第二节 血细胞及其功能	33
一、红细胞生理	33
二、白细胞生理	38
三、血小板生理	41
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	43
一、血液凝固	43
二、纤维蛋白溶解	47
第四节 血型	48
一、人类的红细胞血型	48
二、动物的血型及其应用	51
复习思考题	52
第四章 循环系统生理	53
第一节 心脏的泵血功能	53
一、心动周期与心率	54
二、心脏泵血的过程和机制	55
三、心音和心音图	58
四、心脏泵血功能的评定	59
五、心脏泵血功能的调节	60
第二节 心肌细胞的生物电现象和生理特性	62
一、心肌细胞的生物电现象	63
二、心肌的生理特性	66
三、心电图	70
第三节 血管生理	72
一、各类血管的结构和功能特点	72
二、血流量、血流阻力和血压形成	73
三、动脉血压与动脉脉搏	76
四、静脉血压和静脉回流	78
五、微循环	80
六、组织液和淋巴液	83
第四节 心血管活动的调节	86
一、神经调节	86
二、体液调节	92
三、自身调节——局部血流调节	95
第五节 器官循环的特点	96

一、冠脉循环	96
二、肺循环	96
三、脑循环	97
四、肝循环	97
复习思考题	98
第五章 呼吸	99
第一节 肺通气	100
一、呼吸道的功能	100
二、肺通气的动力	101
三、肺通气的阻力	104
四、肺容积和肺容量	107
五、肺通气量	109
第二节 肺换气和组织换气	109
第三节 气体在血液中的运输	113
第四节 呼吸运动的调节	117
一、神经调节	118
二、化学因素对呼吸的调节	121
三、高原对呼吸的影响	125
复习思考题	125
第六章 消化和吸收	126
第一节 概述	126
一、消化方式	126
二、消化道平滑肌的特性	127
三、消化腺的分泌	129
四、消化道功能的调节	130
第二节 口腔消化	134
一、采食及其调节	134
二、咀嚼与吞咽	136
三、唾液及其生理功能	136
第三节 单胃消化	138
一、胃液及其生理功能	138
二、胃的运动及其调节	143
第四节 复胃消化	146
一、前胃消化	147
二、皱胃消化	154
第五节 小肠消化	155
一、胰液的分泌	155
二、胆汁的分泌与排出	157
三、小肠液的分泌	159

第六节 大肠消化	162
一、大肠液的分泌	162
二、大肠内的微生物消化	163
三、大肠的运动	164
四、粪便的形成与排粪	164
第七节 吸收	165
一、吸收过程概述	165
二、主要营养物质的吸收	168
复习思考题	174
第七章 能量代谢与体温调节	175
第一节 能量代谢	175
一、动物能量的来源及利用	175
二、能量代谢的测定	177
三、影响能量代谢的因素	184
四、基础代谢和静止能量代谢	185
第二节 体温及其调节	188
一、体温	188
二、机体的产热与散热	192
三、体温调节	199
四、恒温动物对环境的适应	204
复习思考题	206
第八章 泌尿	207
第一节 肾脏的解剖和血流特点	207
一、肾脏的解剖特点	207
二、肾脏的血流特点	209
第二节 肾小球的滤过作用	210
一、滤过膜及其通透性	210
二、有效滤过压	211
三、影响肾小球滤过的因素	212
第三节 肾小管和集合管的重吸收与分泌作用	213
一、肾小管和集合管的物质转运方式	213
二、肾小管和集合管中的重吸收作用	213
三、远球小管和集合管中的分泌与排泄	216
第四节 尿的浓缩和稀释	217
一、尿液的稀释	218
二、尿液的浓缩	218
三、直小血管在维持肾髓质高渗中的作用	220
第五节 尿生成的调节	220
一、肾内自身调节	221

二、神经和体液调节	221
第六节 排尿	224
一、膀胱与尿道的神经支配	224
二、排尿反射	225
复习思考题	226
第九章 神经系统	227
第一节 神经元与神经胶质细胞	227
一、神经元	227
二、神经胶质细胞	233
第二节 神经元间的功能联系	234
一、突触	235
二、神经递质和受体	238
三、反射	247
第三节 神经系统的感觉功能	253
一、感受器	253
二、感觉传导通路	255
三、大脑皮质的感觉分析功能	258
四、躯体感觉和内脏感觉	260
第四节 神经系统对躯体运动的调节	263
一、脊髓的躯体运动反射	263
二、脑干对肌紧张的调节	265
三、姿势调节系统的功能	268
四、基底神经节的功能	271
五、小脑调节躯体运动的功能	273
六、大脑皮质对躯体运动的调节	274
第五节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪反应的调节	276
一、植物性神经系统的功能	276
二、内脏活动的中枢调节	278
三、本能行为和情绪反应的神经调节	280
第六节 神经、内分泌和免疫功能的关系	284
一、神经系统与内分泌系统的相互关系	284
二、神经系统与免疫系统的相互作用	285
三、内分泌系统与免疫系统的相互影响	285
四、神经、内分泌系统及免疫系统之间的协同作用	285
第七节 脑的高级功能	289
一、条件反射	289
二、动力定型	291
三、神经活动的类型	292
复习思考题	293

第十章 肌肉	295
第一节 神经肌肉接头及其兴奋传递	295
一、神经肌肉接头	295
二、神经肌肉接头的兴奋传递	296
第二节 骨骼肌的显微结构	299
一、动物骨骼肌的显微结构	299
二、快肌和慢肌的结构特点	301
第三节 骨骼肌的收缩	302
一、肌丝滑行理论的提出	302
二、肌丝滑行的分子结构基础	302
三、肌肉收缩过程	304
第四节 横纹肌的兴奋-收缩耦联	305
一、兴奋-收缩耦联的基本过程	305
二、肌浆网释放 Ca^{2+} 的机制	306
三、胞浆 Ca^{2+} 浓度降低的机制	307
第五节 骨骼肌收缩的外部表现	308
一、前负荷对肌肉收缩的影响	308
二、后负荷对肌肉收缩的影响	309
三、肌肉收缩能力对肌肉收缩的影响	310
四、肌肉的单收缩和单收缩的总和	311
复习思考题	312
第十一章 内分泌	313
第一节 概述	313
一、激素的分类	313
二、激素作用的一般特性	315
三、激素的合成和分泌及代谢	316
四、激素的作用机制	318
第二节 下丘脑和垂体的内分泌	323
一、下丘脑的内分泌功能	324
二、腺垂体的激素	325
三、神经垂体的激素	329
四、尾垂体	331
第三节 甲状腺的内分泌	331
一、甲状腺激素的合成与代谢	331
二、甲状腺激素的生理作用	333
三、甲状腺激素分泌的调节	335
第四节 甲状旁腺激素与调节钙、磷代谢的激素	336
一、甲状旁腺激素	336
二、降钙素	337

三、1,25-二羟维生素 D ₃	338
第五节 胰岛的内分泌	339
一、胰岛素	339
二、胰高血糖素	341
三、生长抑素和胰多肽	341
第六节 肾上腺的内分泌	341
一、肾上腺皮质的内分泌	341
二、肾上腺髓质的内分泌	345
第七节 性腺的内分泌	346
一、睾丸的内分泌	346
二、卵巢的内分泌	348
三、胎盘的内分泌	350
第八节 其他内分泌物质	350
一、前列腺素	350
二、松果体激素	351
三、胸腺激素	351
四、脑-肠肽	352
五、外激素	352
复习思考题	352
第十二章 生殖	354
第一节 概论	354
一、性分化	354
二、性成熟	356
三、生殖周期	356
第二节 雄性生殖生理	358
一、睾丸的生精作用	358
二、睾丸的内分泌作用	361
三、睾丸功能的调节	361
四、雄性副性器官的功能	362
第三节 雌性生殖生理	363
一、卵巢的功能	363
二、性周期	369
三、附性器官的功能	371
第四节 交配与受精	371
一、交配	371
二、受精	373
第五节 妊娠	376
一、妊娠的建立	376
二、妊娠的维持	377

三、妊娠期	378
四、妊娠期胚胎的生长发育及其调节	378
五、妊娠期母体的生理变化	379
第六节 分娩	379
一、分娩过程	379
二、分娩机理	380
复习思考题	381
第十三章 泌乳	383
第一节 乳腺的功能结构	383
第二节 乳腺的发育及其调节	385
一、乳腺的发育	385
二、乳腺发育的调节	386
第三节 乳的分泌及其调节	386
一、乳的生成过程	386
二、乳分泌的发动和维持	388
第四节 初乳、常乳及乳中的有机物质	389
一、初乳	389
二、常乳	389
第五节 乳的排出	390
一、排乳过程	390
二、排乳的神经-体液调节	391
三、乳导管系统内压与泌乳和排乳的关系	392
复习思考题	392
第十四章 禽类生理	393
第一节 血液	393
一、血液的组成及理化性状	393
二、血细胞	393
三、血液凝固	394
第二节 血液循环	395
一、心脏生理	395
二、血管生理	396
三、心血管活动的调节	396
第三节 呼吸	397
一、呼吸运动	397
二、气体交换与运输	398
三、呼吸运动的调节	398
第四节 消化	399
一、口腔消化	399
二、嗦囊消化	399

三、胃内消化	400
四、小肠消化	401
五、大肠消化	402
六、吸收	403
第五节 新陈代谢和体温调节	403
一、物质代谢	403
二、能量代谢	405
三、体温及其调节	405
第六节 排泄	406
一、尿的生成	406
二、尿的理化特性和组成	406
三、鼻腺的排盐机能	407
第七节 内分泌	407
一、下丘脑-垂体系统	408
二、甲状旁腺	408
三、鳃后腺	409
四、松果腺	409
五、肾上腺	409
六、胰岛	409
七、性腺	410
第八节 生殖	410
一、雌禽生殖生理	410
二、雄禽生殖生理	414
复习思考题	414
主要参考文献	415

第一章 绪 论

第一节 动物生理学研究的对象和任务

一、动物生理学研究的对象

动物生理学是研究动物机体正常生命活动规律及其调控的科学。

动物生理学的主要研究对象是与人类生产活动密切相关的动物，如牛、猪、羊、鸡等。通过研究机体内部各系统的生命活动及其相互联系以及动物与外界环境的关系来认识动物机体的正常生命活动规律，从而利用这些规律提高动物的生产性能，更好地为人类的生产活动服务。

二、动物生理学的任务

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，必须从机体的不同角度进行讨论。构成机体的最基本单位是细胞，许多不同的细胞构成器官，行使某种生理功能的不同器官互相联系，构成一个器官系统，如由心脏、动脉、毛细血管和静脉构成的循环系统，由鼻腔、喉、气管、支气管和肺构成的呼吸系统等。整个机体就是由各个器官系统互相联系、互相作用而构成的一个复杂的整体。因此，生理学研究可以在细胞甚至分子水平上进行，也可以在器官和系统水平，甚至在整体水平上进行。把在不同水平上研究所得到的知识综合起来，才能对动物机体的功能有全面、完整的认识。

（一）细胞和分子水平的研究

各个器官的功能都是由构成该器官的各种细胞的特性决定的。例如，肌肉的收缩功能和腺体的分泌功能，分别是由肌细胞和腺细胞的生理学特性决定的。因此，研究一个器官的功能，就要从细胞水平上进行。而细胞的生理特性又是由构成细胞的各个成分，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，是由于在某些离子浓度改变及酶的作用下肌细胞内若干种特殊的蛋白质分子的排列方式发生变化的结果。各种细胞的生理特性取决于它们所表达的各种基因，而在不同的环境条件下，基因的表达又可以发生改变。因此生理学研究还必须深入到分子水平。分子生物学理论和研究技术的不断发展，对于从分子水平进行生理学研究起了很大的促进作用。

在细胞水平上的研究，多数情况下需要将所研究的细胞从整体上分离下来，放在适当的环境中培养，使细胞仍能保持良好的状态，然后对其功能进行研究。分子生物学和生物化学的实验常常还要把细胞打碎，以取得并研究所要观察的分子。对离体培养的细胞进行研究时，往往把细胞放在某种特殊的环境中，然后对细胞的功能进行研究观察，

因此在分析这类实验结果时，必须注意实验当时细胞所处的特殊条件，不能简单地把在离体实验中观察到的结果直接用来推论或解释这些细胞在完整机体中的活动和功能。在完整机体内，细胞所处的环境比在离体实验条件下复杂得多。对于任何一种细胞在完整机体中所表现的生理功能的分析，必须考虑到这些细胞在体内所处的环境条件以及各种环境条件可能发生的变化。

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和获取知识的学科称为细胞生理学（cell physiology）或普通生理学（general physiology）。

（二）器官和系统水平的研究

要了解一个器官或系统的功能，它在机体中所起的作用，它的功能活动的内在机制，以及各种因素对它活动的影响，都需要从器官和系统的水平上进行观察和研究。例如，要了解循环系统中心脏如何射血、血液在心血管系统中流动的规律、各种神经和体液因素对心脏和血管活动的影响等，就要以心脏、血管和循环系统作为研究对象。在这个水平上的研究和所获得的知识，就是器官生理学（organ physiology）的内容，如循环生理学、消化生理学、肾脏生理学等。

（三）整体水平的研究

在整体中，体内各个器官、系统之间发生相互联系和相互影响。在生理情况下，各个器官和系统的功能互相协调，从而使机体能够成为一个完整的整体，并在不断变化着的环境中维持正常的生命活动。从整体水平上的研究，就是要以完整的机体为研究对象，观察和分析在各种环境条件和生理情况下不同的器官、系统之间互相联系、互相协调，以及完整机体对环境变化发生各种反应的规律。所以整体水平上的研究比细胞水平和器官、系统水平上的研究更加复杂。

上述三个水平的研究之间不是相互孤立的，而是互相联系、互相补充的，构成了动物生理学的任务。要阐明某一个生理功能的机制，一般都需要从细胞和分子、器官和系统，以及整体三个水平进行研究，对在不同水平上的研究结果进行分析和综合，然后得出比较全面的结论。目前已经可以用基因转移和基因敲除的方法建立各种特殊的转基因动物和基因敲除动物，这对于在整体中观察和研究各种基因的功能起了很大的推动作用。

三、动物生理学的研究方法

动物生理学是一门实验科学，每一种生理功能的发现及其机理的揭示，都是通过科学实验获得的。回顾生理学的发展历史，每种实验方法的创新都将会带来新规律的发现。17世纪初英国学者 William Harvey 首先在动物身上用活体解剖和科学实验的方法研究了血液循环，证明心脏是循环系统的中心，血液由心脏射入动脉，再由静脉回流入心脏，不断循环。1628年 William Harvey 出版了《心与血的运动》，这是历史上第一本基于实验证据的生理学著作。

动物生理学的研究方法总的可分为急性实验和慢性实验两类。

（一）急性实验

按研究目的和需要又可分为两种。

1. 离体器官实验

离体器官实验 (*in vitro*) 从活的动物体内取出器官、组织或细胞, 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。

2. 活体解剖实验

活体解剖实验 (*in vivo*) 在麻醉或毁坏大脑的情况下, 暴露所要研究的器官, 以便进行各种实验。

这两种方法通常都不能持久, 一般实验后动物都死亡, 所以通称为急性实验法。此类技术的优点在于实验条件简单, 而且可以尽量消除与研究无关的因素。它的不足之处是不能完全代表正常生理条件下的功能状态, 实质上它属于分析性研究。

（二）慢性实验

在无菌条件下对健康动物进行手术, 并在不损害动物机体完整性的前提下暴露、摘除、破坏以及移植所要研究的器官, 然后在可能接近正常的生活条件下, 观察实验动物的功能或功能紊乱等。由于这种动物可以在较长时间内用于实验, 故此方法称为慢性实验 (*chronic experiment*)。慢性实验方法的特点是保存了各器官的自然联系和相互作用, 便于观察某一器官在正常情况下的生理功能及其与整体的关系, 可以在动物清醒条件下长期观察某一活动, 使所获得的结果更接近正常生理状态, 但不便于分析诸多的影响因素。

上述研究方法各有利弊, 在实验工作中, 必须根据需要, 有机地将各种研究技术结合起来应用, 才能更正确地认识生理功能的确切规律。

第二节 机体与内环境

成年动物身体重量的 60% 是由液体构成。体内的液体称为体液 (*body fluid*), 按其分布可分为两大类: 约 2/3 的体液 (约占体重的 40%) 分布在细胞内, 称为细胞内液 (*intracellular fluid*); 约 1/3 的体液 (约占体重的 20%) 分布在细胞外, 称为细胞外液 (*extracellular fluid*)。细胞外液的 1/4 (约占体重的 5%) 分布在心血管系统的管腔内, 也就是血浆, 其余 3/4 (约占体重的 15%) 分布在全身的组织间隙中, 称为组织液 (*interstitial fluid*)。机体的绝大多数细胞并不直接与外界环境发生接触, 而是浸浴在细胞外液之中, 因此细胞外液是细胞直接接触的环境。法国生理学家 Claude Bernard 首先提出了一个重要的概念, 即细胞外液是细胞在体内直接所处的环境, 故称之为内环境 (*internal environment*), 以区别于整个机体所处的外环境。

细胞外液和细胞内液的成分有很大的差别。细胞膜的结构以及细胞膜上的一些特殊的蛋白质分子的功能对于维持细胞外液和细胞内液成分的差别起着重要的作用。细胞外液中含有较多的钠、氯、重碳酸根离子以及细胞所需的养分, 如氧、葡萄糖、氨基酸、脂肪酸等, 还含有二氧化碳及其他细胞代谢产物。细胞通过细胞膜与细胞外液之间发生