

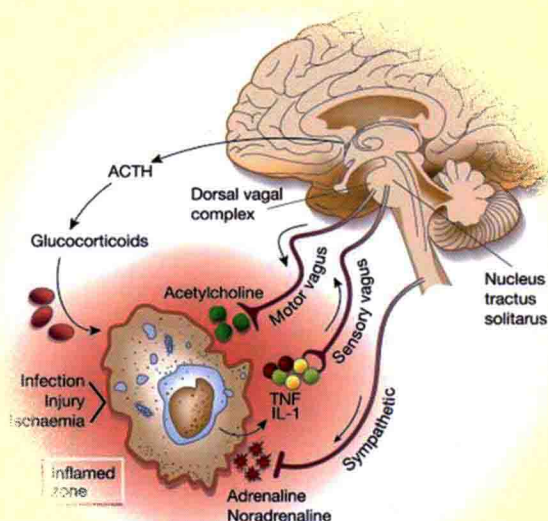
全国普通高等院校
生命科学类“十二五”规划教材



动物生理学

刘宗柱 主编

Animal Physiology



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

全国普通高等院校生命科学类“十二五”规划教材

动物生理学

主 编	刘宗柱		
副主编	朱宝长	董 晓	王林枫 宁红梅
编 者	刘宗柱	青岛农业大学	
	董 晓	青岛农业大学	
	肖 琳	青岛农业大学	
	刘文华	青岛农业大学	
	朱宝长	首都师范大学	
	张 成	首都师范大学	
	王林枫	河南农业大学	
	韩立强	河南农业大学	
	宁红梅	河南科技学院	
	王 莉	河北科技大学	
	董方圆	青岛农业大学海都学院	



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书以哺乳动物为主要对象,并将禽类生理特点总结于最后一章。本书系统介绍了动物生理学的基本理论和基本知识,同时对动物生理学不同研究领域的新理论、新发现也适当涉猎。本书采用了大量以外文原版教材为基础改绘的图片,以求形象地展示动物生理学相对抽象的原理。此外,本书以二维码技术链接了动物生理学精品课程建设网站的相关内容,读者可以通过扫描二维码查看相关的彩图、动画等资源,进一步丰富了纸质版教材的内容。

本书可作为综合性大学、师范院校、农业院校生物类各专业本科生、专科生教学用书,也可作为国家执业兽医资格考试人员、研究生入学考试者和兽医临床工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

动物生理学/刘宗柱主编. —武汉:华中科技大学出版社,2015.4
全国普通高等院校生命科学类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5609-9708-7

I. ①动… II. ①刘… 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 079564 号

动物生理学

刘宗柱 主编

策划编辑:王新华

责任编辑:王新华

封面设计:原色设计

责任校对:马燕红

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:25.5

字 数:666千字

版 次:2015年8月第1版第1次印刷

定 价:56.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国普通高等院校生命科学类“十二五”规划教材

编 委 会



主任委员

余龙江 华中科技大学教授,生命科学与技术学院副院长,2006—2012 教育部高等学校生物科学与工程教学指导委员会生物工程与生物技术专业教学指导分委员会委员,2013—2017 教育部高等学校生物技术、生物工程类专业教学指导委员会委员

副主任委员(排名不分先后)

胡永红 南京工业大学教授,南京工业大学研究生院副院长

李 钰 哈尔滨工业大学教授,生命科学与技术学院院长

任国栋 河北大学教授,2006—2012 教育部高等学校生物科学与工程教学指导委员会生物学基础课程教学指导分委员会委员,河北大学学术委员会副主任

王宜磊 菏泽学院教授,2013—2017 教育部高等学校大学生物学课程教学指导委员会委员

杨艳燕 湖北大学教授,2006—2012 教育部高等学校生物科学与工程教学指导委员会生物科学专业教学指导分委员会委员

曾小龙 广东第二师范学院教授,副校长,学校教指委主任

张士瑾 中国海洋大学教授,2006—2012 教育部高等学校生物科学与工程教学指导委员会生物科学专业教学指导分委员会委员

委员(排名不分先后)

陈爱葵	胡仁火	李学如	刘宗柱	施文正	王元秀	张 峰
程水明	胡位荣	李云玲	陆 胤	石海英	王 云	张 恒
仇雪梅	贾建波	李忠芳	罗 充	舒坤贤	韦鹏霄	张建新
崔韶晖	金松恒	梁士楚	马 宏	宋运贤	卫亚红	张丽霞
段永红	李 峰	刘长海	马金友	孙志宏	吴春红	张 龙
范永山	李朝霞	刘德立	马三梅	涂俊铭	肖厚荣	张美玲
方 俊	李充璧	刘凤珠	马 尧	王端好	徐敬明	张彦文
方尚玲	李 华	刘 虹	马正海	王金亭	薛胜平	郑永良
耿丽晶	李景蕻	刘建福	毛露甜	王伟东	闫春财	周 浓
郭晓农	李 梅	刘 杰	聂呈荣	王秀利	杨广笑	朱宝长
韩曜平	李 宁	刘静雯	彭明春	王永飞	于丽杰	朱长俊
侯典云	李先文	刘仁荣	屈长青	王有武	余晓丽	朱德艳
侯义龙	李晓莉	刘忠虎	邵 晨	王玉江	咎丽霞	宗宪春

全国普通高等院校生命科学类“十二五”规划教材

组编院校

(排名不分先后)

北京理工大学	华中科技大学	云南大学
广西大学	华中师范大学	西北农林科技大学
广州大学	暨南大学	中央民族大学
哈尔滨工业大学	首都师范大学	郑州大学
华东师范大学	南京工业大学	新疆大学
重庆邮电大学	湖北大学	青岛科技大学
滨州学院	湖北第二师范学院	青岛农业大学
河南师范大学	湖北工程学院	青岛农业大学海都学院
嘉兴学院	湖北工业大学	山西农业大学
武汉轻工大学	湖北科技学院	陕西科技大学
长春工业大学	湖北师范学院	陕西理工学院
长治学院	湖南农业大学	上海海洋大学
常熟理工学院	湖南文理学院	塔里木大学
大连大学	华侨大学	唐山师范学院
大连工业大学	武昌首义学院	天津师范大学
大连海洋大学	淮北师范大学	天津医科大学
大连民族学院	淮阴工学院	西北民族大学
大庆师范学院	黄冈师范学院	西南交通大学
佛山科学技术学院	惠州学院	新乡医学院
阜阳师范学院	吉林农业科技学院	信阳师范学院
广东第二师范学院	集美大学	延安大学
广东石油化工学院	济南大学	盐城工学院
广西师范大学	佳木斯大学	云南农业大学
贵州师范大学	江汉大学文理学院	肇庆学院
哈尔滨师范大学	江苏大学	浙江农林大学
合肥学院	江西科技师范大学	浙江师范大学
河北大学	荆楚理工学院	浙江树人大学
河北经贸大学	军事经济学院	浙江中医药大学
河北科技大学	辽东学院	郑州轻工业学院
河南科技大学	辽宁医学院	中国海洋大学
河南科技学院	聊城大学	中南民族大学
河南农业大学	聊城大学东昌学院	重庆工商大学
菏泽学院	牡丹江师范学院	重庆三峡学院
贺州学院	内蒙古民族大学	重庆文理学院
黑龙江八一农垦大学	仲恺农业工程学院	

前言

《动物生理学》教材目前已有十几个版本,这些教材各具特色,在动物生理学的教学中发挥了重要作用。

随着我国畜牧业由规模扩张向优质高效的转型,绿色、生态畜牧业的理念也日渐深入人心。如何保障规模化养殖动物、宠物以及珍稀保护动物的健康,建立人类-动物-环境和谐共存的生态关系已成为动物医学面临的重大挑战。尤其是在集约化养殖条件下,动物机体内环境稳态的维持所面临的最大挑战,来源于外环境应激、感染源对动物机体的威胁。尽管很多教材编撰了神经内分泌免疫调节的内容,但许多方面尚待进一步展开。近年来国外动物生理学教材的发展和更新也很迅速,涌现了一大批图文并茂的优秀教材,为动物生理学教材的编撰提供了比较全面的参考。为此,本教材的编撰在继承国内优秀教材的基础上,力求从以下几方面有所突破。

首先,在编撰内容上增加“免疫防御系统”一章,主要介绍动物机体免疫防御系统的构成及其生理机能的实现,并尝试从免疫体系的进化起源和生态免疫学的角度解释动物有机体免疫机能与神经内分泌体系的内在联系,以及它们在维持动物机体内环境稳态中的机能整合。

其次,鉴于纸质版教材的有限信息容量,尝试通过二维码链接动物生理学精品建设网站的相关资源。扫描二维码,可以打开本书相关的彩图、动画以及简短视频等素材。我们相信,随着4G以及更高通讯技术的普及,这样的尝试可以更有效丰富纸质版教材的信息内容。

最后,教材编排采用总目录与分目录相结合的形式。每章之前设置本章的分目录,便于学生找寻感兴趣的内容,也相当于本章概要;每章最后除了复习思考题之外,增加反映本章主要知识点的思维引导图,便于学生学习后理清思路,掌握重点。

参加本书编撰的教师都是长期从事一线教学的骨干教师,大部分具有博士学位和与国外交流的经历,熟悉国内外生理学教学情况。本书共12章,其中董晓负责编写第1章绪论,并对部分章节审阅定稿;王莉编写了第2章;韩立强编写了第3章;肖琳编写了第4章;宁红梅编写了第5章;王林枫编写了第6、7章;董方圆编写了第8章;张成编写了第9章;刘文华编写了第10章;朱宝长编写了第11章;刘宗柱编写了第12章。书稿由刘宗柱统稿修订,并组织全部图片的修订改绘工作。

本书的编撰,得到了青岛农业大学教材建设以及动物生理学课程精品建设项目的支持。青岛农业大学组织专家对本书的编撰提出了很多宝贵的意见和建议,在此一并表示感谢。

在本书的编撰中,各位老师付出了很大的努力。但在成书之后,仍感觉距离当初的设计和愿望有很大差距。动物生理学本身是发展很迅速的学科,限于编者对问题的认识水平以及精力,书中难免存在不当之处,恳请广大师生提出批评及改进意见。

《动物生理学》编写组

2015年4月

扫描下方二维码可进入“动物生理学精品网站”,查看本书插图彩色版以及相关动画演示。



总目录

第1章 绪论 /1

动物生理学通过研究健康动物体的各种功能,来回答生命活动是如何进行的这一核心科学问题。动物机体内环境的稳态是其生命活动正常进行的基础,是动物生理学的核心理念。通过神经、体液以及免疫体系的调节,动物机体各细胞、组织、器官、系统分工协作整合形成一个和谐的有机体。

第2章 细胞的基本生理 /10

约38亿年前,地球上出现了原始的细胞,生命的演化完成了漫长的化学进化阶段。之后,原始细胞形成复杂的代谢系统,并逐步形成多细胞生物,直至高度复杂的生命体。作为生物体的基本结构和功能单元,细胞所表现出的生理机能是生物体整体功能的基础。本章从细胞膜的结构与功能出发,着重描述了神经细胞的生物电现象以及骨骼肌、心肌和平滑肌的收缩等基本功能。

第3章 神经系统 /53

多细胞生物体内各个细胞间最基本的通讯方式是借助化学信息分子。较晚演化出的神经系统,在细胞内借膜电位变化沿胞轴传递信息,这种电信号的传导大大加快了信息传送的效率,但在细胞间仍依赖于信息分子(神经递质)的中介作用。神经系统通过神经细胞之间的巧妙组合,可以对信息进行复杂加工,完成过滤、放大、分析、综合等工作。中枢神经系统的学习与记忆等高级功能,使动物获得了适应环境变化的卓越能力。

第4章 血液循环 /105

随着动物体型多细胞、大型化的演化,出现了循环系统,负责在不同组织细胞间转运和输送呼吸气体、营养物质以及代谢废物。在动物机体内环境稳态的维持上,通过血液的流动和与组织液的交流,分配组织细胞新陈代谢所需要的营养物质和 O_2 ,并及时将组织细胞的代谢产物转运至排泄器官排出体外,是血液循环最重要的作用。动物机体内化学信号的传递、热量的均衡输布等机能,也依赖于血液循环。

第5章 呼吸生理 /149

通过有氧代谢为细胞的生命活动提供能量对于绝大多数动物的生存是必需的。因而,动物在新陈代谢过程中需要不断消耗 O_2 , 产生 CO_2 。地球演化至 600 万年之前, 大气中 O_2 积累到一定浓度, 为动物体的有氧代谢提供了便利条件, 动物的体型得以向大型化发展。随之而来的, 则是与外环境进行气体交换的呼吸功能的进化。这一进化对于动物由低等到高等, 由水生到陆地生活的进化过程有重要的作用。生存环境不同, 动物体进化出的呼吸器官和呼吸方式各异, 但都具备与外环境进行高效气体交换的能力, 从而确保内环境的稳态。

第6章 消化与吸收 /180

消化道是动物体最大的外管腔, 其出入口受意识控制。消化道内浓集着各种胞外酶, 对食物进行逐步降解。消化道内每日有大量液体周转, 但除饮水外, 大部分是消化道的分泌液, 自前面泌出到后面又吸收回血液。庞大的液体量起缓冲作用, 使得进食不会引起腔道内环境成分的剧烈动荡。消化系统是单向通道, 食物在其中逐步经受消化。先是破碎为尽可能小的颗粒(物理消化), 消化液中的水解酶再将颗粒内容分解为小分子以利吸收(化学消化)。小肠利用巨大的表面积, 将消化产物通过肠黏膜转运进入内环境。

第7章 能量代谢与体温调节 /221

细胞的各种活动需要能量的供给, 因而, 能量的持续输入是动物体结构保持有序状态并推动各生理机能进行的基础。动物体通过消化系统获取的食物营养, 除了供应合成代谢所需的原材料, 大部分在体内分解转化为各种能量。在转化的过程中, 一部分能量不可避免地以热能的形式释放。释放的热能可被动物体用以维持恒定的体温, 以确保各种生化反应的顺利进行。鸟类和哺乳类进化出了调节体温恒定的机制, 从而获得了适应复杂多变的外环境的能力。

第8章 排泄系统 /240

为了维持内环境理化因子的稳态, 动物机体不断地将代谢终产物、机体不需要的物质以及过剩的物质经血液循环运送到排泄器官, 并排出体外。肾脏作为哺乳动物最主要的排泄器官, 通过泌尿的方式执行排泄机能, 是机体最主要的排泄途径。排泄系统在泌尿排泄废物的同时, 还具有调节体内水、盐代谢和酸碱平衡等功能。

第9章 内分泌系统 /267

多细胞生物体内各个细胞间必须互通信息才能协调活动。细胞间最基本的通

讯方式是借助信息分子,通过体液运输传递调节信号。动物机体的内分泌腺体以及散在的内分泌细胞构成内分泌系统,与神经系统以及免疫防御系统形成复杂的调节网络,共同维持机体内环境的稳态,并对外环境的变化做出适应性调节。

第 10 章 免疫防御系统 /300

自然环境下,与动物体密切接触的微生物数量远超过构成动物自身体细胞的数量,对动物机体内环境稳态的维持构成巨大威胁。屏障结构、固有免疫分子、获得性免疫是动物机体抵御外环境有害因子侵袭的三道防线,构成完善的免疫防御系统,并且与动物机体的神经-内分泌机能密切关联,形成神经内分泌免疫调节网络。

第 11 章 生殖与泌乳 /324

生物体生长发育到一定阶段后,通过生殖活动产生与自己相似的子代个体,这是物种绵延最基本的生命活动。它既是生物群体延续种族的重要生命活动,也是遗传物质分离、重组、传递和结合的循环过程。哺乳动物营有性生殖,包括生殖细胞的形成、交配和受精以及胚胎的发育等重要环节。胎儿发育成熟后通过某种途径与母体交换信号,从而发动分娩,这一过程同时也触发了母体的泌乳机能。通过泌乳,母体为新生动物提供体外生活的基本营养物质,并传递被动免疫提供必要的保护。

第 12 章 禽类生理特点 /352

禽类属于鸟纲,是由恐龙演化出来的分支。其祖先虽然与哺乳类共同起源于早期爬行类,但两者分离进化已历 300 多万年。令人惊奇的是,两者都采用了类似的机制完成相同的生理功能。当然,禽类也保留了区别于哺乳类独特的生理特点。了解禽类的生理特征,对于正确认识家禽生理机能的异常(疾病),理解自然进化在动物生理机能塑造上的鬼斧神工似的作用有重要意义。

专业名词中英文对照及索引 /383

参考文献 /396

- 1.1 动物生理学是研究动物体各种机能的学科/1
 - 1.1.1 动物生理学的研究内容/1
 - 1.1.2 动物实验是动物生理学的基本研究方法/2
 - 1.1.2.1 两类动物实验/2
 - 1.1.2.2 三个水平的研究/2
- 1.2 新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖是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 生殖/5
 - 1.2.4 适应性/5
- 1.3 内环境稳态是动物体生命活动的必要条件/5
 - 1.3.1 体液与内环境/5
 - 1.3.2 内环境稳态/6
- 1.4 动物体通过多种方式调节内环境保持稳态/7
 - 1.4.1 调节方式/7
 - 1.4.1.1 神经调节/7
 - 1.4.1.2 体液调节/7
 - 1.4.1.3 自身调节/7
 - 1.4.2 动物机体机能的调节控制模式/7
 - 1.4.2.1 反馈控制系统/8
 - 1.4.2.2 非自动控制系统/8
 - 1.4.2.3 前馈控制系统/8

1.1 动物生理学是研究动物体各种机能的学科

1.1.1 动物生理学的研究内容

生理学(physiology)是生命科学的一个重要分支,是研究有机体正常的生命活动及其规律的科学。通过生理学的研究,来回答生命活动是如何进行的这一核心科学问题。任何生命体,从简单的单细胞微生物到复杂的高等动物,均有其独特的生命活动规律和功能特点。因此,根据研究对象的不同,生理学又可分为人体生理学、植物生理学、微生物生理学以及运动生理学、航空航天生理学等重要分支。

动物生理学(animal physiology)是生理学的重要分支,是以哺乳动物为主要研究对象,研究动物机体各系统、器官和细胞的正常活动和规律。动物体的正常生命活动,首先建立在动物体各大系统的结构与功能统一的基础上,例如循环系统的运输功能、呼吸系统的气体交换功能、神经系统的调节整合功能等。其次,动物机体与环境之间也保持着密切的联系和相互作用。因而,动物生理学的任务,就是要揭示动物体各系统、器官和细胞功能表现的内在机制,探索不同系统、器官和细胞之间的相互联系和相互作用,并阐明动物机体如何协调各部分的功能,使动物体作为一个整体适应复杂多变的生存环境,从而维持生命个体的生存和种群的繁衍。

1.1.2 动物实验是动物生理学的基本研究方法

动物生理学是一门实验性科学,其知识体系主要是通过**观察**(observation)和**实验**(experimentation),并对观察到的生命活动现象和获得的实验结果进行科学分析、归纳所建立的。观察是指对动物生命现象的如实描述和记录;而实验是记录并分析在人为控制或改变某些条件时生命现象的变化,以探究某一生命活动发生的因果关系。

1.1.2.1 两类动物实验

动物实验是动物生理学最基本的研究方法,根据其特点,分为**急性实验**(acute experiment)和**慢性实验**(chronic experiment)两大类。

(1)急性实验

急性实验又分为**在体实验**(in vivo)和**离体实验**(in vitro)两种。

在体实验也称为活体解剖法,是将动物麻醉或破坏大脑,解剖暴露某器官,观察该器官在体内与其他器官处于自然联系状态下的活动规律,以及各种因素对其活动的影响(如肠系膜微循环的观察)。

离体实验是将动物的器官(如心脏、肾脏)、组织(如肌肉、神经)或细胞分离取出后,在模拟机体生理条件下对其进行实验观察,分析其活动规律和影响因素等(如离体肠段的运动描记)。

上述两种实验方法通常都不能维持很长的时间,所以统称为急性实验。此类方法的优点是实验条件比较简单,可以尽量消除与研究因素无关的因素,便于分析单个影响因素的作用。缺点在于急性动物实验的结果可能与其在整体内的功能活动有所不同。

(2)慢性实验

慢性实验是在无菌条件下通过外科手术暴露、摘除、损毁或移植某些器官,或者安装特定的瘘管,待手术恢复后,对动物在接近正常状态下的某些生理功能活动及其变化等进行较长时间的实验观察。

慢性实验最大的优点在于所得到的实验结果最接近于动物体的常态,而且实验可以反复多次观测。缺点是整体条件复杂,干扰因素比较多,实验条件较难控制。

上述各种研究方法各有利弊。在实际研究工作中,必须根据需要将各种研究技术和方法结合起来应用,才能更全面地认识动物生命活动的客观规律。

1.1.2.2 三个水平的研究

动物机体是由各器官系统相互联系、相互作用而构成的复杂整体,器官又是由结构与功能类似的细胞群体构成。细胞是动物机体结构与功能的基本单位,构成细胞的生物大分子又决定着细胞的基本功能特点。然而,在动物实验中,很难在一个实验中同时观察到生物大分子、细胞、器官、系统以及整体的各层次的生命活动规律。我们往往是从不同的角度,运用不同的技术手段,在动物机体不同的结构层次和水平上对机体的某一方面的功能进行观察和研究的。研究水平与人们的认知水平发展一致。一般而言,动物生理学的研究是通过3个不同的层次或水平进行的(图1-1)。

(1)整体、群体水平的研究

动物机体以整体形式存在,并与所生存的环境适应。体内各器官、系统除了完成各自的功能,更重要的是相互影响、相互联系,才能完成机体正常的生命活动,并对环境的变化作出适应性调整。例如,进食后食物在消化道消化吸收时,消化系统的血流量增加,其他器官系统的血

流量则相对减少;而剧烈运动时,骨骼肌的活动增强,大量的血液被动员到运动系统,同时消化系统、排泄系统的血流量减少,功能减弱。

动物个体正常的行为表现,以及外界环境变化时其行为模式的改变与内在机制,也属于整体水平的研究。野生状态下,许多动物是群居的;现代化畜牧生产中很多动物也采用集约化群养。动物在群体中的行为表现,生理机能的变化,与动物个体的健康和群体的生产性能密切相关。同时,动物个体或群体对不同的自然生存环境和人工养殖环境的适应及其内在生理机制,也是动物生理学整体水平研究的重要范畴。行为生理学 (behavioral physiology)、环境生理学 (environmental physiology) 和生态生理学 (ecological physiology) 等都是属于着重整体和群体水平研究的动物生理学分支。动物福利 (animal welfare) 的研究也主要在整体和群体水平进行。

(2) 器官系统水平的研究

要了解某个器官或某个系统的功能、活动规律,以及其在动物机体整体中的作用,就需要对某个器官或功能系统进行观察分析。17世纪初,英国医生哈维 (William Harvy, 1578—1657) 首先通过活体解剖和实验研究了动物的血液循环,并于1628年出版了《心血运动论》,这本书的出版标志着生理学作为一门独立的实验学科的诞生。在器官和系统水平上进行的研究称为器官生理学 (organ physiology), 或者以研究的器官和系统功能命名,如肾生理学 (kidney physiology)、消化生理学 (digestive physiology)、生殖生理学 (reproductive physiology)、内分泌生理学 (endocrine physiology) 等。

(3) 细胞分子水平的研究

组成不同器官的细胞各有其不同的形态结构和功能特点,而细胞的活动主要取决于组成细胞的各种分子,特别是生物大分子的化学和物理特性。细胞和分子水平的研究,主要揭示生命活动过程的细胞、分子层次的生物学机制。例如,细胞基因表达谱的改变会导致蛋白质表达谱的变化,从而引起细胞功能的改变。因而,动物生理学的研究必须深入细胞和分子水平,才能够对动物的生理机能有更深入、细致的认识和理解。

动物体是一个高度组织起来的复杂有机体,组成动物体的各类物质既遵循一般物质运动的基本规律,又表现出生命现象独特的运动规律。应当指出的是,不同水平上的研究,往往因出发点以及研究方法与技术手段的不同,思维方法和所要回答的问题与所得到的结果也不相同。只有将在不同水平上的研究结果综合起来进行分析,才能对动物机体的功能有全面和完整的认识。

很长时间以来,生理学的研究主要是基于还原论 (reductionism) 的哲学思想发展的。认为复杂的生命现象可以通过将整体化解为各部分之组合的方法,加以理解和描述。研究上从宏



图 1-1 动物生理学三个水平的研究

观到微观,从整体到器官、细胞、亚细胞,直至生物大分子和基因水平。现在人们已经认识到,研究和理解生物体这样一个极其庞大、复杂的系统,不仅仅需要还原论的分析性研究,更需要整合性研究。**整合生理学**(integrative physiology)或**系统生理学**(systems physiology)就是在这样的背景下应运而生的。1990年12月,美国生理学会远景规划委员会提出“整合生理学将是未来生理学的主要内容”。1993年8月,第32届国际生理学大会组委会主席 Noble 教授阐述了整合性研究的重要性。整合生理学是指在经典生理学研究的基础上强调生理学整合的本质,基于动物机体整体、动态、联系的观点,综合运用现代跨学科研究方法,从基因、分子、细胞、组织器官到整体等不同层次和水平分析阐明机体功能活动的发生规律、调控机制,揭示其与整体活动及环境行为等因素的关系,或在疾病的发生、发展中的作用。法国生理学家的“内环境稳定”学说和 Cannon 的“稳态”学说的提出,都体现了生命活动的综合性特点。

整合生理学强调分析和阐述某一基因或细胞功能活动在整个动物机体中的作用、发生规律、影响因素以及与其他功能间的联系、互调机制等,强调只有回归到整体情况下阐明动物机体功能活动才是真实、有意义的。整合生理学的价值将远远超过单独的分子生物学和经典生理学。

1.2 新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖是生命活动的基本特征

任何生命体,从简单的单细胞生物到复杂的高等动物,尽管形态结构各异,功能表现各有特点,但均具有以下生命活动的基本特征,即新陈代谢、兴奋性、生殖和适应性。

1.2.1 新陈代谢

新陈代谢(metabolism)是指生物体与环境之间进行物质和能量交换,以实现自我更新的过程。包括物质代谢和能量代谢两个方面,物质代谢又包括**同化作用**(anabolism)和**异化作用**(catabolism)。同化作用是指机体不断从环境中摄取营养物质以合成体内新的物质并储存能量的过程;异化作用是指机体不断分解自身原有物质,释放能量以供给各种生命活动的需要,并将分解终产物排至体外的过程。

生物体内伴随物质代谢而发生的能量的释放、储存、转移和利用的过程,称为**能量代谢**(energy metabolism)。

新陈代谢是机体与外界环境最基本的联系,也是生命现象的最基本特征。新陈代谢是一切生命活动的基础,一旦新陈代谢停止,生命也就终止了。

1.2.2 兴奋性

兴奋性(excitability)是动物机体对内、外环境的变化作出反应的特性。能被机体、组织、细胞所感受的各种内、外环境因素的变化都称为**刺激**(stimulus),如温度、压力、化学刺激、电刺激等。由刺激引起的机体活动状态的改变称为**反应**(reaction)。动物机体的反应有两种表现形式:一种是由静止转变为活动状态,或活动由弱变强,称为**兴奋**(excitation);另一种是由活动状态转变为静止或活动减弱,称为**抑制**(inhibition)。不同类型的细胞或组织,其兴奋性的表现形式多种多样,如腺体细胞的分泌、肌细胞的收缩等。随着电生理学技术的发展,发现

不同的细胞受到刺激后虽然有不同的外部表现形式,但在受到刺激处的细胞膜最先都会出现一次电位变化,其他的外部反应都是由该电位变化引起或触发的。因而,现代生理学中将兴奋更准确地定义为细胞受到刺激后发生的生物电(bioelectricity)的变化,兴奋性则是组织或细胞受到刺激后产生生物电变化的能力或特性。

1.2.3 生殖

生殖(reproduction)是指动物个体生长发育到一定阶段时,产生与自己相似的子代个体的过程。生殖活动是生命延续的方式。如果丧失生殖功能,种系不能延续,则该物种将不复存在,所以生殖也是生命活动的特征之一。单细胞动物以简单的有丝分裂方式生产子代个体。以往认为高等动物只能通过两性生殖细胞结合以形成子代个体。但随着胚胎工程研究的发展,特别是体细胞无性繁殖(克隆,clone)个体——绵羊“多莉”等的出现,正在突破这一传统观念。

通过生殖活动产生与自己相似的后代的现象称为遗传;子代与亲代之间,以及子代个体间存在差异,称为变异。遗传使物种得以延续,变异则使物种不断进化。

1.2.4 适应性

适应性(adaptation)是指动物机体、器官、组织和细胞可根据内外环境的改变调整自身生理功能,使其与环境协调的能力。生活在不同环境中的动物,其生理功能的表现各有不同。例如,生活在沙漠中的沙鼠,为保持来之不易的水分,其肾脏具有强大的浓缩尿液的能力,可以将尿液浓缩20倍以上;而生活在淡水中的鱼类,其肾脏的一个主要功能是排出进入体内的多余水分,则不具备浓缩尿液的能力。

1.3 内环境稳态是动物体生命活动的必要条件

1.3.1 体液与内环境

体液(body fluid)是动物机体内液体的总称,约占体重的60%(图1-2)。体液的2/3分布在细胞内称为**细胞内液(intracellular fluid)**;另外1/3分布在细胞外,称为**细胞外液(extracellular fluid)**。细胞外液由于其分布的不同可分为:分布于心血管系统内的**血浆(plasma)**;分布于组织细胞间隙的**细胞间液(interstitial fluid)**或称**组织液(tissue fluid)**;淋巴管内的**淋巴液(lymph fluid)**或称**淋巴**;蛛网膜下腔、脑室、脊髓中央管内的**脑脊液(cerebrospinal fluid)**等。细胞内液约为细胞外液的2倍。

动物机体的大多数细胞不与外界环境直接接触,而是被细胞外液包围。所以,细胞外液是机体细胞发挥生理机能所处的体内环境,称为**内环境(internal environment)**。内环境的概念是由法国生理学家伯尔纳(Claude Bernard,1813—1878)于19世纪中叶提出来的,以区别于动物机体所处的**外环境(external environment)**。并且指出,相对于多变的外环境,内环境的理化性质是保持相对稳定的,而内环境的相对稳定是动物机体维持正常生命活动的必要条件。

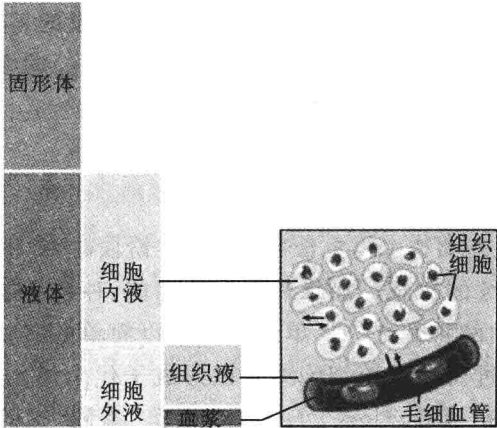


图 1-2 体液组成及物质交换示意图

1.3.2 内环境稳态

20 世纪 40 年代,美国生理学家坎农(W. B. Cannon, 1971—1945)继承和发展了伯尔纳的研究,将内环境的理化因素只在很小的范围内波动的生理学现象称为**稳态**(homeostasis)。内环境稳态,并不是说内环境的理化性质是固定不变的。在新陈代谢的过程中,细胞与内环境之间不断进行物质交换,外环境的变化也会影响内环境。因此,机体的各器官系统必须不断通过多种调节途径,使内环境的各项指标,包括组成成分、相互比例、酸碱度、渗透压、酸碱度等,都维持在一个正常的生理范围内(生理正常值)。内环境稳态是机体各功能系统相互协调、相互配合而实现的一种动态平衡,也是各种器官、细胞正常生理活动的必要条件(图 1-3)。内环境稳态的破坏或失衡会引起机体功能的紊乱而表现为疾病。从某种意义上讲,临床治疗就是通过物理、化学等手段将失衡的内环境调整至正常水平,以恢复内环境稳态。

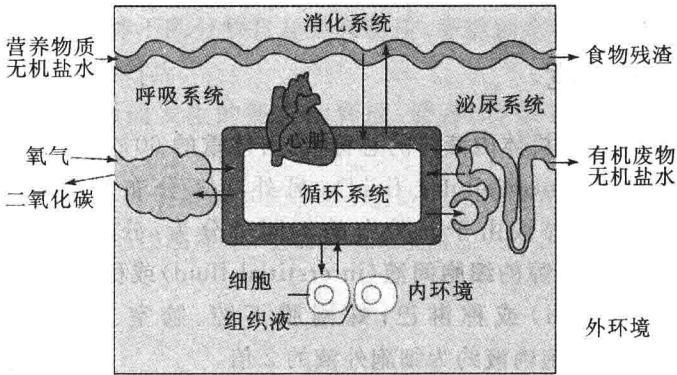


图 1-3 内环境稳态的维持

(仿 Widmaier 等, 2007)

稳态是生理学的核心概念。现代生理学研究中,稳态的概念已不仅仅局限于内环境稳态,还包括机体内各器官、各功能系统生理活动的相对稳定和协调的状态。如交感神经系统与副

交感神经系统活动的平衡、体内产热与散热的平衡、心脏与血管活动的协调平衡等。动物机体的稳态调节是一个极为复杂的过程,是通过动物机体复杂的调节和控制系统来实现的。

1.4 动物体通过多种方式调节内环境保持稳态

1.4.1 调节方式

动物机体生理机能的调节方式主要有**神经调节**(nervous regulation)、**体液调节**(humoral regulation)和**自身调节**(autoregulation)。

1.4.1.1 神经调节

神经调节是指通过神经系统的活动对动物机体各组织、器官和系统的生理功能所发挥的调节作用。神经调节的基本过程是**反射**(reflex),其结构基础是**反射弧**(reflex arc),包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器5个基本环节。感受器将内外环境的变化转变为神经冲动信号,通过传入神经传至相应的神经中枢,神经中枢对传入的信号进行整合分析,并发出指令(神经冲动),通过传出神经传至相应的效应器,改变效应器的活动,发挥调节作用。神经调节具有高度的整合能力,具有快速、精确等特点,但作用部位局限,作用时间短。

1.4.1.2 体液调节

体液调节是指由体内某些细胞分泌产生的化学信号物质,经过体液的转运到达特定的细胞、组织或器官,改变其活动的调节方式。因为所分泌的化学信号分子直接进入机体内环境,所以也称为**内分泌调节**(endocrine regulation),分泌产生化学信号的细胞称为**内分泌细胞**。根据分泌产生化学信号分子的细胞特点、化学信号转运的途径等又分为若干类型(详见第9章)。体液调节的特点是信号传导较慢,但作用广泛而持久。

由于体内的内分泌细胞也直接或间接地受到神经系统的支配,许多情况下体液调节构成了神经调节传出途径的一个环节,这种神经与体液相互作用的联合调节方式称为**神经-体液调节**,或**神经内分泌调节**(neuroendocrine regulation)。近年来的研究表明,神经、内分泌和免疫系统之间存在密切的联系,三者构成一个复杂的调节网络,即**神经-内分泌-免疫网络**(详见第10章),对动物机体各种生理机能进行协调整合,使机体与环境的协调统一更加完善。

1.4.1.3 自身调节

自身调节是指某些器官、组织和细胞不依赖于神经、体液的调节,自身对环境的改变产生的适应性反应。例如,肾脏入球小动脉平滑肌紧张性随动脉血压的升高而增加,从而在一定范围内维持肾脏血流量稳定;心室肌收缩力量可随心室舒张期灌注血量的增加而提高,从而精确调整两侧心室输出血量的平衡。自身调节的幅度、范围都不会太大,是机体机能调节的辅助方式。

1.4.2 动物机体机能的调节控制模式

美国数学家维纳(Nobert Wiener, 1894—1964)于1948年出版了**控制论**(cybernetics)。用此原理分析,发现动物机体功能活动的调节原理与机器、通讯系统的运作相似,也属于自动控制系统,控制部分与受控部分之间存在着密切联系。由控制部分发出的信息为控制信息,由