

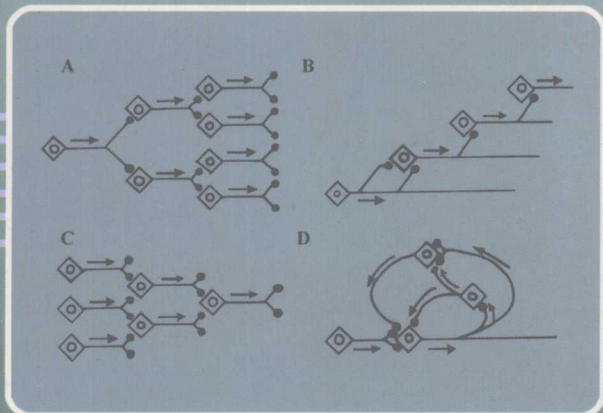
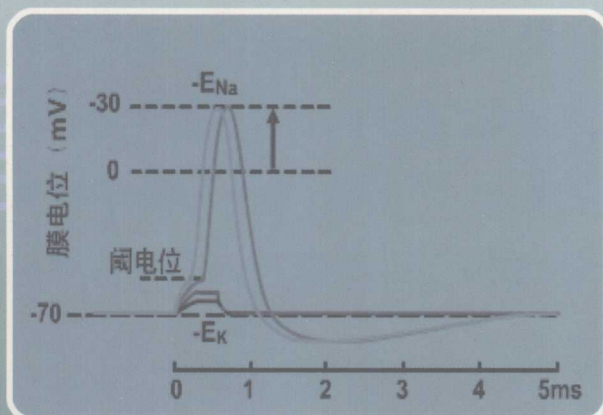
水产科学系列教材

水产动物

生理学

Aquatic animal physiology

温海深 主编



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

水产科学系列教材

水产动物生理学

主 编 温海深

编 委 (按姓氏笔画为序)

刘宗柱(青岛农业大学)

何 峰(中国海洋大学)

李广丽(广东海洋大学)

杨景峰(内蒙古民族大学)

张沛东(中国海洋大学)

战新梅(青岛农业大学)

姚 璐(内蒙古农业大学)

温海深(中国海洋大学)

中国海洋大学出版社

· 青 岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

水产动物生理学/温海深主编. —青岛:中国海洋大学出版社, 2008. 12

(水产科学系列教材)

ISBN 978-7-81125-194-4

I. 水… II. 温… III. 水产动物—生理学—教材 IV. S917.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 189417 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号

邮政编码 266071

网 址 <http://www.ouc-press.com>

电子信箱 Wjg600@126.com

订购电话 0532-82032573(传真)

责任编辑 魏建功

电 话 0532-85902121

印 制 日照报业印刷有限公司

版 次 2009 年 3 月第 1 版

印 次 2009 年 3 月第 1 次印刷

成品尺寸 170 mm×230 mm 1/16

印 张 21

字 数 388 千字

定 价 32.00 元

水产科学系列教材编委会

主 编	温海深		
副主编	李 琪	张秀梅	
编 委	温海深	李 琪	张秀梅
	宫庆礼	宋协法	潘鲁青
	任一平		

前 言

《水产动物生理学》是水产养殖专业、渔业科学与技术、生物资源与环境等专业的重要专业基础课程。由于各个学校教学计划不同,有些学校以《动物生理学》(普通动物)为教材,有些学校以《鱼类生理学》为教材,还有部分学校以《家畜生理学》为教材,目前我国没有全国统编的《水产动物生理学》教材。多年来,在水产动物中,以鱼类生理学研究最为成熟,国内先后出版了几部《鱼类生理学》教材和专著,为水产动物生理学教学奠定了一定基础。近年来,随着我国水产养殖业的迅猛发展,对水产动物的研究日益增多,在生理学方面也取得了大量宝贵的资料,逐步形成了比较成熟的理论体系,特别是在虾蟹类和海水鱼类等重要养殖动物研究方面取得进展很大,为教材的编写创造了必要条件。本教材试图将近20余年来有关水产动物生理学的研究成果加以系统整理,形成具有我国水产动物特色的教科书。本书由中国海洋大学牵头,联合广东海洋大学、青岛农业大学、内蒙古民族大学等水产养殖专业教师,经历3年时间编著而成。

全书共分为10章,绪论和内分泌生理学由温海深和姚珺编写,神经肌肉组织一般生理由何峰编写,中枢神经系统由战新梅编写,感觉器官生理和血液生理、血液循环生理由李广丽和张沛东编写,呼吸与鳃和排泄与渗透调节由刘宗柱编写,消化与吸收由杨景峰编写。

本书在编写过程中,得到中国海洋大学教材编写基金和出版基金资助,同时得到教育部水产养殖专业特色项目资助,以及中国海洋大学出版社等多家单位的支持和合作,在此一并表示深深的谢意。

由于水平所限,书中遗漏和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者于中国海洋大学

2008年9月

目次

第一章 绪 论	(1)
第一节 生理学概述	(1)
一、生理学	(1)
二、生理学发展简史	(1)
三、动物生理学的主要内容与研究层次	(4)
四、生理学研究方法与实验内容	(5)
第二节 生命活动的基本特征	(6)
一、新陈代谢	(6)
二、兴奋性	(7)
三、生殖	(7)
第三节 动物生理功能的调节	(8)
一、内环境与稳态	(8)
二、生理功能调节方式	(8)
三、生理功能调控模式	(9)
第二章 神经肌肉组织的一般生理	(11)
第一节 细胞膜的结构与物质转运	(11)
一、细胞膜结构	(11)
二、细胞膜的物质转运功能	(12)
第二节 细胞的跨膜信息传递功能	(15)
一、跨膜信号传递	(15)
二、跨膜信息传递的主要方式	(16)
第三节 生物电现象与细胞兴奋性	(18)
一、生物电现象	(18)
二、兴奋性及其引起	(19)
三、生物电的记录与描述	(21)
四、生物电产生的机制	(23)
五、兴奋的传导机制	(24)
第四节 肌肉收缩	(27)
一、神经-骨骼肌接头处兴奋的传递	(27)

二、骨骼肌的超微结构·····	(28)
三、骨骼肌的收缩机制·····	(30)
四、骨骼肌收缩的外部表现·····	(34)
第三章 中枢神经系统 ·····	(37)
第一节 动物神经系统的演化·····	(37)
第二节 神经元活动的一般规律·····	(38)
一、神经元的结构和功能·····	(38)
二、神经纤维传导兴奋的特征·····	(40)
三、突触与突触传递·····	(41)
四、中枢神经元的联系方式·····	(44)
五、中枢神经递质·····	(46)
第三节 反射活动的一般规律·····	(49)
一、反射及反射弧·····	(49)
二、兴奋在中枢内传布的特征·····	(51)
三、中枢抑制·····	(52)
第四节 中枢神经系统的感觉机能·····	(56)
一、脊髓内的感觉传导功能·····	(56)
二、延脑·····	(58)
三、小脑·····	(59)
四、中脑·····	(59)
五、间脑·····	(60)
六、端脑和嗅叶·····	(62)
七、大脑皮层的分析功能·····	(63)
第五节 中枢神经系统对躯体运动机能的调节·····	(65)
一、脊髓对躯体运动的调节·····	(65)
二、脑干对姿势的调节·····	(69)
三、基底神经节对躯体运动的调节·····	(70)
四、小脑对躯体运动的调节·····	(71)
五、大脑皮层对躯体运动的调节·····	(72)
第六节 中枢神经系统对内脏机能的调节·····	(73)
第四章 感觉器官生理 ·····	(77)
第一节 感觉器官概述·····	(77)
一、感受器和感觉器官·····	(77)
二、感受器的分类·····	(78)

三、感受器的一般生理特性	(78)
第二节 视觉	(81)
一、眼的构造	(82)
二、视网膜的感光机能	(84)
三、颜色视觉	(88)
四、其他水生经济动物的光感受器	(89)
第三节 听觉与侧线感觉	(91)
一、侧线感觉	(91)
二、听觉	(94)
三、其他水生动物的机械感觉	(98)
第四节 嗅觉与味觉	(99)
一、嗅觉	(100)
二、味觉	(103)
三、化学感觉的机能	(106)
第五节 发电器官与电感觉	(109)
一、发电器官的结构及其神经支配	(109)
二、发电器官的放电原理	(111)
三、发电器官的生物学意义	(112)
四、电感受器	(113)
第五章 血液生理	(116)
第一节 机体的内环境与血液功能	(116)
一、体液和内环境	(116)
二、血液的总量(血量)	(117)
三、血液的功能	(118)
第二节 血液的化学组成和理化特性	(120)
一、血液的组成	(120)
二、血浆的化学成分	(121)
三、血液的理化特性	(124)
四、其他水生动物血液的理化特性	(127)
第三节 血细胞生理	(129)
一、红细胞	(131)
二、白细胞	(136)
三、凝血细胞(血栓细胞,血栓球)	(139)
四、其他水生动物的血细胞	(140)

第四节 血液凝固与纤维蛋白的溶解	(141)
一、血液凝固	(142)
二、纤维蛋白的溶解	(145)
三、软体动物和甲壳动物的血液凝固	(146)
第六章 血液循环生理	(149)
第一节 心脏生理	(150)
一、心脏的组成	(151)
二、心肌的生物电现象	(153)
三、心肌的生理特性	(157)
四、理化因素对心肌的影响	(162)
五、心动周期和心输出量	(163)
六、其他水生动物的心脏	(165)
第二节 血管生理	(166)
一、血管的种类与功能	(167)
二、血压的形成及其影响因素	(169)
第三节 心血管活动的调节	(171)
一、神经调节	(172)
二、体液调节	(176)
三、局部血流调节	(180)
第七章 呼吸与鳃	(183)
第一节 呼吸方式与呼吸器官	(183)
一、呼吸方式	(183)
二、呼吸器官的种类	(186)
第二节 鳃呼吸	(191)
一、鳃的结构	(191)
二、鳃呼吸的机械运动	(195)
三、呼吸频率	(197)
第三节 气体交换与运输	(197)
一、气体交换	(197)
二、气体运输	(200)
第四节 呼吸运动的调节	(210)
一、呼吸中枢	(210)
二、呼吸运动的反射性调节	(211)
三、化学感受性呼吸反射	(212)
四、环境理化因素对呼吸机能的影响	(212)

第五节 鳔	(215)
一、鳔的结构	(215)
二、鳔的充气和排气	(216)
三、鳔的机能	(217)
第八章 消化与吸收生理	(221)
第一节 消化生理概述	(221)
一、消化和吸收	(221)
二、消化机能的进化	(221)
三、消化的方式	(222)
四、消化道	(222)
五、消化腺	(225)
六、对虾的消化系统	(227)
第二节 口腔内消化	(228)
一、齿	(228)
二、舌	(229)
三、鳃耙	(229)
四、食道	(229)
第三节 胃内消化	(229)
一、胃的形态	(230)
二、胃的组织结构	(230)
第四节 肠内消化	(234)
一、肠的形态与结构	(234)
二、肠的机械性消化	(236)
三、肠液的消化作用	(237)
第五节 消化活动的调节	(241)
一、机械性消化的调节	(241)
二、化学性消化的调节	(241)
第六节 吸收	(243)
一、吸收的部位	(243)
二、吸收的机制	(244)
三、主要营养物质的吸收	(244)
第九章 排泄与渗透调节	(250)
第一节 排泄器官的结构与功能	(250)
一、甲壳类的触角腺	(251)
二、鳃	(252)

三、无脊椎动物的肾器官	(255)
四、脊椎动物的肾脏	(257)
第二节 肾脏的泌尿机能	(263)
一、鱼类肾脏的结构机能特点	(264)
二、尿的形成	(266)
三、肾脏泌尿机能的调节	(270)
第三节 含氮废物的排泄	(273)
一、氨的排泄	(274)
二、尿素的排泄	(274)
三、尿酸的排泄	(275)
第四节 渗透压调节	(275)
一、渗透作用与渗透压调节	(276)
二、咸水动物的渗透调节	(279)
三、半咸水和淡水动物的渗透调节	(284)
四、洄游性鱼类的渗透调节	(287)
第十章 内分泌生理学	(296)
第一节 激素概述	(296)
一、激素的作用方式与分类	(297)
二、激素的作用特征与生理功能	(299)
三、激素的作用机制	(300)
四、激素的生物合成与代谢	(302)
五、激素受体	(303)
六、激素分泌调节	(304)
第二节 内分泌器官及其生理功能	(305)
一、下丘脑	(306)
二、脑垂体	(308)
三、甲状腺	(312)
四、肾上腺	(313)
五、松果体(腺)	(314)
六、胰岛和胃肠道	(315)
七、其他腺体	(316)
第三节 甲壳动物内分泌	(318)
一、内分泌器官	(318)
二、激素及其生理功能	(319)

第一章 绪 论

第一节 生理学概述

一、生理学

生物学(biology)是研究生命活动现象及其规律的一门科学;生理学(physiology)是研究生物机体生命功能(机能, function)及其发生机制或机理(mechanism)的一门科学。生理学属于生物学的一个分支,根据研究对象不同,可以分为植物生理学、人体生理学、家畜生理学、普通动物生理学及鱼类生理学等。另外,近年来还出现了特殊条件下生理学,如高山生理学、潜水生理学、航空生理学、运动生理学等。其中动物生理学大部分内容是关于器官和系统的机能,一般称之为器官生理学,但也在整体和环境水平及细胞和分子水平上阐述其机能。研究生理学需要注意三个原则,即结构与机能的统一、局部与整体的统一、机体与环境的统一。

二、生理学发展简史

生理学是人类生活和生产实践活动的产物,反过来又为实践服务。最初生理学的形成与发展与临床医学有着密切关系,人们在与疾病斗争的实践中积累知识、概括总结、记于书籍;通过对人体和动物的实验分析,深入探索生理功能的内在机制和相互关系,逐渐形成了系统的理论科学。医学中关于疾病问题的理论研究是以人体生理学的基本理论为基础的;同时,通过医学实践又可以检验生理学理论是否正确,并不断以新的内容丰富生理学理论和推动生理学研究。因此,生理学主要是伴随医学发展起来的一门实验科学。后来,随着农学、渔业、畜牧、兽医等学科快速发展,逐渐产生了植物生理学、家畜生理学、普通动物生理学及鱼类生理学等生理学科。

纵观生理学发展历史,可划分为三个阶段,即古代生理学(17 世纪以前)、近代生理学(17~20 世纪)和现代生理学(20 世纪以后)。

(一) 古代生理学

公元前 2 世纪(秦末汉初),我国出现了第一部经典医学专著《黄帝内经》,建立了祖国医学宝贵的阴阳五行学说。2000 年以前就出现了有关经络、脏腑、七情六淫等详细的记载。

在西方国家,公元前 4 世纪古希腊名医希波克拉底(Hippocrates)创建了气质学说,以整体观点看生命机体机能。公元 2 世纪,古罗马名医盖伦(Galen)提出了“解剖推论功能”,并做了初步的动物活体解剖,用从狗、猴身上得到的知识推断人的情况。与此同时,其还提出了三位一体的“灵气说”、心血潮运动说、肝脏产生自然之气、肺脏产生生命之气、脑产生智慧之气等理论。这些理论在欧洲文艺复兴早期一直占统治地位,虽然他的观点现在看来错误较多,但对医学贡献较大。欧洲文艺复兴时期,首开人体解剖的先河,比利时学者维萨里(Andreas Vesalius)出版了《人体结构》,纠正了盖伦的部分错误,为人体生理学发展作出了贡献。

(二) 近代生理学

生理学真正成为一门实验性科学是从 17 世纪开始的。1628 年英国医生威廉·哈维(William Harvey)证明了血液循环的途径,认为心脏是循环系统的中心,并出版了著名的生理学专著《心血运动论》(On the motion of the heart and blood in animal)。这是历史上第一次以明确的实验论证了血液循环方式、途径和规律,同时创造了近代生理学的活体解剖实验方法,开辟了实验生理学道路。

显微镜的发明和物理学、化学学科的迅速崛起,给生理学的发展创造了良好的条件。17 世纪法国哲学家笛卡尔(Decartes)首先将反射概念应用于生理学,认为动物的每一活动都是对外界刺激的必要反应,刺激和反应之间有固定的神经联系,他称这一连串的活动为反射。这一概念为后来神经系统活动规律的研究开辟了道路。这一时期,英国著名生理学家谢灵顿(Sherrington)阐明了神经系统的活动规律,苏联著名生理学家巴甫洛夫通过研究循环系统和消化系统的神经调节,创建了高级神经活动系统,对医学、心理学、生理学以及哲学都产生了深远的影响。1847 年路德维格(Ludwig)发明了记纹鼓(Kymograph),这个时期的生理学发展较快,主要进行器官、系统水平研究,记纹鼓的发明具有划时代意义。

(三)现代生理学

19世纪后叶以来,生理学进入了系统化的境界,它通过神经和内分泌的研究把各个器官连成了一个整体。同时,随着其他学科快速发展,生理学已经不再停留在器官生理学水平上,在细胞和分子水平研究方面异常活跃,已深入到细胞内环境稳态及其调节机制、细胞跨膜信息传递的机制、基因水平的功能调控机制等方面,使生命活动基本规律得到了较深入阐述。

目前,生理学与其他学科不断交叉和渗透,产生了许多新的研究领域,如神经免疫内分泌学和整体生理学等,特殊条件(劳动、运动、高空、高原、潜水等)下的研究也取得了很大进展。同时,生理学向微观分子和宏观整体两个水平快速扩展,这是当今生理学发展的总趋势。

我国现代生理学也有60余年的历史。1926年北京协和医学院生理系主任林可胜发起成立了中国生理学会,翌年创刊《中国生理学杂志》。学会的成立和专业杂志的出版,对于生理学在我国的发展起到了很好的推动作用。当时我国生理学的研究工作主要集中于胃液分泌、物质代谢、神经肌肉和心血管活动的神经调节等方面,受到了国际生理学界的重视。其中生理学家林可胜系统研究了脂肪在小肠中抑制胃液分泌和胃运动的机制,发现并命名了肠抑胃素,这是中国人发现的第一个激素,是消化生理学中的经典性工作。

赵以炳是我国著名的动物生理学家,动物冬眠生理学的创始人。在肌肉的渗透性、皮肤呼吸、哺乳动物冬眠与低体温以及高级神经活动生理学等方面作出了突出贡献,对刺猬冬眠的研究享有国际声誉。曾致力于创建我国第一个理科生理学专业,为全国综合大学生理学的教学、科研和人才培养作出了重要贡献。提倡理科生理学科以细胞生理和比较生理学为主攻方向,对我国比较生理学发展起到了推动作用。著有《基础生理学》(人民教育出版社,1979)。

鱼类生理学发展历史较短,早期的鱼类生理学实验,散见于生物学期刊中,没有形成系统的知识体系。1936年,欧洲学者翁德(Wunder)编著了《中欧淡水鱼类生理学》,同年,日本学者川本信之总结了鱼类生理学研究成果,出版了《鱼类生理学》,奠定了鱼类生理学的研究基础。1941年,苏联学者普契科夫编写了第一本鱼类生理学教材,之后,对鱼类生理的研究日益增多。

我国刘筠院士长期从事鱼类及水生经济动物生殖生理的教学和研究,先后进行了长江流域“家鱼”的人工繁殖和技术推广应用研究。20世纪80年代后期,应用细胞工程和有性杂交相结合的综合技术,建立了国内第一个鱼类多倍体基因库,成功地培育出三倍体鲫鱼和三倍体鲤鱼。著有《中国养殖鱼类繁殖生理学》等专著。

林浩然院士主要从事鱼类生理学和鱼类内分泌学研究,取得了具有国际先进水平的科技成果。20世纪80年代以来,林浩然教授和加拿大的R·E·彼得教授合作,阐明了鱼类脑垂体促性腺激素的合成与分泌受神经内分泌调节的作用机制。这项研究成果充实了鱼类生殖内分泌学的理论,为鱼类人工催产新药物和新技术的开发奠定了坚实基础,成功研制了高活性的新型鱼类催产剂,这在国内外都是首创的,学术界称之为第三代鱼类催产剂,此项技术被命名为“林-彼方法”。林浩然院士编有《鱼类生理学》(广东高等教育出版社,1999)等专著。

20世纪以来,我国学者先后编写了5~6部比较有影响的鱼类生理学教材和专著,从传统的淡水鱼类逐渐深入到海洋鱼类生理学研究,获得了大量的研究资料。如王义强主编的《鱼类生理学》(1990)、赵维信主编的《鱼类生理学》(1992)、冯昭信主编的《鱼类生理学》(2000)。

三、动物生理学的主要内容与研究层次

(一)主要内容

- (1)细胞的基本功能(神经肌肉组织的一般生理);
- (2)生理功能的调节(神经系统生理学、内分泌生理学);
- (3)血液与血液循环;
- (4)呼吸生理;
- (5)营养与能量代谢(消化与吸收、能量代谢与体温调节);
- (6)排泄与渗透调节;
- (7)其他机能(感觉生理、繁殖生理)。

(二)研究层次

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,必须从不同的水平提出问题并进行研究。根据研究的层次不同,动物生理学的研究内容一般可分成如下三个水平。

1. 整体和环境水平的研究

动物机体总是以整体的形式存在,有两层含义:一是动物机体总是以整体的形式与外界保持密切的联系;二是动物机体各器官系统的活动都是围绕着生命活动而进行的。整体水平上的研究,就是从整体观点出发,研究机体各器官系统的功能活动规律及其调节、整合过程,以及机体与生活环境之间的相互作用,阐明当内外环境变化时机体功能活动的变化规律及机体在整体存在状况下的整合机制。

2. 器官和系统水平的研究

完整的机体是由各种器官和系统组成的,要了解一个器官或系统的功能和它在机体中的作用,就必须将它们分解开来,一部分一部分地研究。因此,器官和系统水平上的研究就是要观察和研究器官或系统的活动特征、内在机制、影响和控制它们的因素,以及它们对整体活动的作用及意义。

3. 细胞和分子水平的研究

生命活动的物质基础是生物机体,构成机体的最基本结构和功能单位是各种细胞,也就是说器官的功能是由构成该器官的各种细胞的特性决定的。然而,细胞的生理特性又是由构成细胞的各个分子,特别是生物大分子的物理和化学特性所决定的。因此生理学的研究有必要深入到分子水平。对机体和器官功能的研究常在细胞和生物大分子水平上进行阐述,这类研究称为普通生理学或细胞生理学。

要全面地理解和阐明某一生理功能的机制,必须同时从细胞和分子、器官和系统以及整体三个水平进行研究。

四、生理学研究方法与实验内容

(一)研究方法

1. 观察

以动物活体(整体、器官、组织或细胞)为观察对象,以物理学或化学的基本方法,通过数据处理、科学分析得出对生命活动规律的认识。

2. 实验

分为急性实验和慢性实验。

(1)急性实验:实验动物最终死亡。又分为在体(麻醉状态下,暴露出实验器官)和离体实验(将组织或器官分离处理,放在人工环境下研究)。急性实验要求条件简单,对问题分析较透彻,属分析法。但在离体、麻醉或破坏中枢神经系统时取得的结果有一定的片面性和局限性。

(2)慢性实验:在完整正常的动物体上对某一器官或生理现象进行实验,通过造瘘、摘除等手段,待手术创伤恢复后用于实验,属综合法。但应用范围受限,许多生理问题目前还找不到合适的手术方法。

急性和慢性实验都有局限性和优缺点,选用时要与目的相适应,并对结果作正确估价。

(二)实验内容(部分内容,供参考)

1. 认知实验

- (1) 生理学实验信息采集系统的使用;
- (2) 蛙类坐骨神经-腓肠肌标本的制备;
- (3) 刺激强度和刺激频率与蛙类骨骼肌收缩的关系;
- (4) 蛙类反射弧分析和脊髓反射特征;
- (5) 蛙类心脏起搏点与心室期外收缩和代偿间歇;
- (6) 人体心脏听诊、指脉图和动脉血压测定;
- (7) 红细胞脆性、血液凝固过程观察和血型测定。

2. 综合性实验

- (1) 动作电位引导、传导速度和不应期测定;
- (2) 离体蛙类心脏灌流;
- (3) 动脉血压的神经和体液调节;
- (4) 呼吸运动调节;
- (5) 离体小肠平滑肌运动。

3. 设计性实验

环境因子对鱼类重要生理学功能的影响。

第二节 生命活动的基本特征

生物体的生命活动多种多样,千姿百态。怎样来判断一个生物体是否具有生命,经过大量的研究证实,新陈代谢、兴奋性和生殖是各种生物体生命活动的基本特征。

一、新陈代谢

新陈代谢是指机体与环境之间进行的物质和能量交换,是实现自我更新的过程。新陈代谢包括合成代谢(同化作用)和分解代谢(异化作用)。前者是指机体不断从环境中摄取营养物质来合成自身新的物质,并储存能量的过程。分解代谢是指不断分解自身原有物质,释放能量供生命活动的需要,并把分解产物排出体外的过程。物质的合成和分解称为物质代谢,伴随物质代谢而发生的能量储存、释放、转移和利用等过程称为能量代谢。新陈代谢过程中,物质代谢和能量代谢同时进行,紧密联系在一起。

生命活动的一切功能都是建立在新陈代谢的基础上,新陈代谢一旦停止,生命也就随之终结,所以,新陈代谢是生物体生命活动的最基本特征。