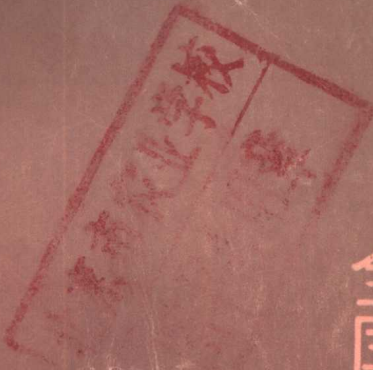
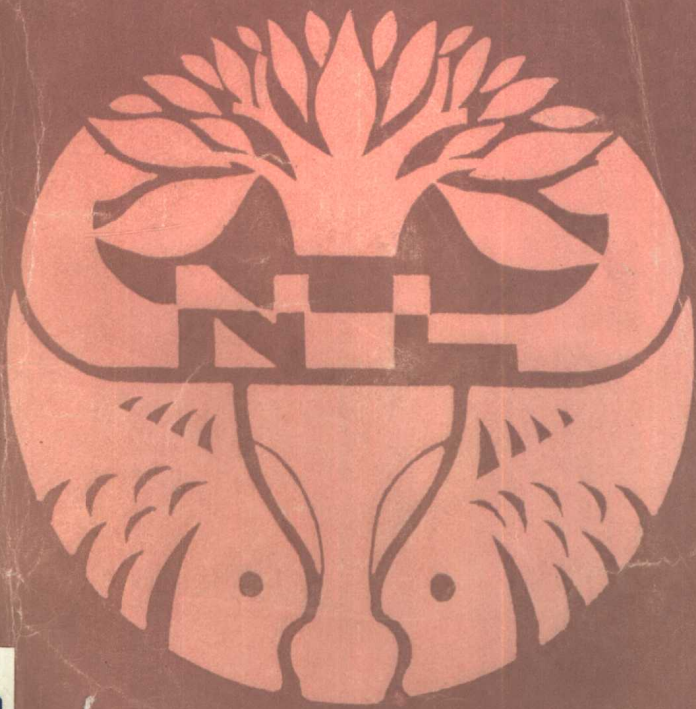


家畜生理学

——
全国高等农林专科统编教材

何炎武 主编

高等教育出版社



全国高等农林专科统编教材

家畜生理学

畜牧、兽医专业用

高等教育出版社

(京)112号

主 编 何炎武
副主编 洪子燕
编 者 (按姓氏笔划排列)
宋宣明 (西南农业大学)
何炎武 (甘肃农业大学)
洪子燕 (豫西农业专科学校)
张长道 (河南农业大学)
审稿人 向 涛 (主审, 江西农业大学)
石玉珂 (新疆八一农学院)
康 太 (张家口农业专科学校)

全国高等农林专科统编教材

家畜生理学

畜牧、兽医专业用

何炎武 主编

洪子燕 副主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 440 000

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数0·001—3 820

ISBN7·04-003789-0/Q·190

定价 5.35 元

出版说明

高等农林专科教育是高等农林教育体系中一个相对独立、不可缺少的层次。

我国高等农林专科教育，自进入80年代以来，有了长足发展，在校人数迅速增加，为适应发展的需要，改变教学多年来一直借用本科教材的局面，建设具有农林专科教育特色的教材体系，经国家教委批准，于1986年7月成立全国高等农林专科基础课程教材委员会，并在全国高等农林专科教育研究协作组制定的农林专科生培养基本要求和部分专业教学计划以及课程教学基本要求的基础上，首批组织统编了51种教材。

本批教材力求体现农林专科生培养基本要求，突出应用性，加强实践性，强调针对性，注意灵活性；遵循教学规律，具有科学性、系统性，由浅入深，循序渐进，理论联系实际；既具有广泛的适应性，又具有先进性和时代特征。

这批教材在适用农林专科教育的修业年限上，兼顾了二、三年制的需要，同时可供电大、函授等专科教育和中等专业学校教师，以及有关科技人员参考。

这批教材的编审出版是在国家教委高教司直接领导下进行的，并得到农业出版社、高等教育出版社、中国林业出版社、四川科学技术出版社、广西科学技术出版社、东北林业大学出版社的通力合作与大力支持，在此深致谢意。

本教材的编审出版，不仅是为了解决部分课程教学所用教材的有无问题，而更重要的是在新的历史条件下，为建设具有高等农林专科教育特色的教材体系探索路子，试图提供一些有益的尝试，故缺点错误在所难免，恳望各校在使用过程中提出宝贵意见，以便再版时作进一步修改。

全国高等农林专科基础课程
教材委员会

1990年

前 言

本教材编写宗旨是力求以辩证唯物主义的哲学思想作指导，努力做到文字阐述清楚、贴切，编排内容符合学生水平和认识规律，文图并茂，注重实例，便于学生自学；并有选择地吸收国内外的新成就，反映家畜生理学当前的发展水平。

全书分为理论和实验两部分。理论部分包括绪论、细胞的基本功能、血液、血液循环、呼吸、消化与吸收、体温、泌尿、神经系统、内分泌、生殖与泌乳和家禽生理特征等共12章。实验部分以基本的、典型的实验为主，共选编36个实验，区分为必做与选做两类，并注明教和学生自做。各校根据自己的实际情况，对实验内容可作适当调整。

参加本书编写的单位有甘肃农业大学、河南豫西农业专科学校、河南农业大学和西南农业大学。

由于水平有限，书中肯定会存在不少问题，敬请读者批评指正。

家畜生理学编写小组

1990年10月

目 录

第一章 绪论 1	一、骨髓的造血功能.....28
一、家畜生理学的研究对象、方法、学习目的和任务..... 1	二、造血功能的调节.....
(一) 家畜生理学的研究对象..... 1	三、血细胞的破坏.....30
(二) 家畜生理学的研究方法..... 1	四、脾的功能.....30
(三) 学习家畜生理学的目的和任务..... 2	第五节 血液凝固与纤维蛋白溶解31
二、畜体机能活动的调节..... 3	一、血液凝固.....31
(一) 神经调节..... 3	二、纤维蛋白溶解.....33
(二) 体液调节..... 3	第六节 血型 34
(三) 自身调节..... 4	一、红细胞凝集反应与血型.....34
第二章 细胞的基本功能 5	二、ABO血型系统和Rh血型系统.....34
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能... 5	三、家畜的血型.....35
一、细胞膜的基本结构..... 5	第四章 血液循环36
二、细胞膜的物质转运功能..... 6	第一节 心脏生理.....36
第二节 细胞的兴奋性和生物电现象..... 7	一、心肌细胞的生物电现象.....36
一、细胞的兴奋性..... 7	二、心肌的生理特征.....38
二、细胞的生物电现象..... 9	三、心动周期及其中的各种变化.....41
第三节 肌细胞的收缩和舒张活动.....12	四、心输出量及其影响因素.....43
一、骨骼肌细胞的微细结构.....12	五、心音.....43
二、骨骼肌收缩的机制.....14	六、心电图.....44
三、骨骼肌收缩的类型.....15	第二节 血管生理.....46
第三章 血液18	一、各类血管的结构和功能特点.....46
第一节 机体内环境与血液概述.....18	二、血流量和血流阻力.....47
一、体液与机体内环境.....18	三、血压与脉搏.....48
二、血液的组成.....18	四、微循环.....51
三、血液的理化特性.....19	五、组织液.....52
四、血液的主要功能.....20	六、淋巴液.....54
五、血量.....20	第三节 心血管活动的调节.....55
第二节 血浆的组成及其功能.....21	一、心血管活动的神经调节.....55
一、血浆蛋白.....21	二、心血管活动的体液调节.....58
二、血浆无机盐.....22	三、心血管活动的自身调节.....60
三、非蛋白含氮化合物及其他物质.....22	第五章 呼吸62
第三节 血细胞的特性及其功能.....22	第一节 肺通气.....62
一、红细胞.....22	一、肺通气器官的结构及其功能.....62
二、白细胞.....25	二、肺通气的动力.....66
三、血小板.....27	三、肺通气的阻力.....67
第四节 血细胞的生成和破坏.....28	四、肺容量与肺通气量.....68
	五、呼吸音.....70

第二节 呼吸气体的交换和运输.....70	二、家畜对低温环境的适应反应.....111
一、呼吸气体的交换.....70	第八章 泌尿113
二、呼吸气体的运输.....72	第一节 概述.....113
第三节 呼吸运动的调节.....75	一、尿的理化特性和化学成分.....113
一、呼吸中枢.....75	二、肾脏的组织学特点.....114
二、呼吸运动的反射性调节.....77	三、肾脏的血液循环特点.....116
第六章 消化与吸收80	第二节 尿的生成及其影响因素.....117
第一节 概述.....80	一、尿生成的过程.....117
一、消化的方式.....80	二、影响尿生成的因素.....122
二、消化管平滑肌的生理特性.....80	第三节 尿的浓缩与稀释.....123
三、胃肠道的神经支配.....81	一、尿浓缩与稀释的原理——逆流倍增假说.....123
四、胃肠激素.....81	二、尿浓缩与稀释的过程.....126
第二节 机械性消化.....82	第四节 尿生成的调节.....125
一、采食、咀嚼和吞咽.....82	一、肾血流量的调节.....125
二、胃的运动.....83	二、肾小管活动的调节.....126
三、肠的运动.....86	第五节 尿的排出.....127
第三节 化学性消化.....88	一、膀胱和尿道括约肌的神经支配.....127
一、唾液的分泌及调节.....88	二、排尿反射.....128
二、胃液的分泌及其调节.....89	第九章 神经系统129
三、舌脂酶.....93	第一节 神经元与神经胶质.....129
四、小肠的消化液.....93	一、神经元.....129
五、大肠液及其分泌调节.....97	二、神经胶质.....131
第四节 微生物消化.....97	第二节 突触与突触传递.....131
一、瘤胃内微生物消化.....97	一、突触的结构与分类.....132
二、大肠内微生物消化.....99	二、突触传递的机制.....133
第五节 吸收.....100	三、突触传递的化学递质.....134
一、吸收部位.....100	第三节 反射活动的一般规律.....135
二、吸收机制.....101	一、反射与反射弧.....135
三、各种营养物质的吸收.....102	二、中枢神经元的联系方式.....136
第七章 体温105	三、反射中枢的兴奋和抑制活动.....137
第一节 家畜的体温及其正常变动.....105	四、反射中枢的协调.....139
一、各种家畜的正常体温.....105	第四节 神经系统的感觉机能.....140
二、家畜体温的正常变动.....105	一、感受器.....140
第二节 家畜体温恒定的原理.....106	二、感觉传入系统.....141
一、家畜的产热和散热过程.....106	三、特异性投射系统和非特异性投射系统.....142
二、家畜对环境温度变化的生理反应.....108	四、大脑皮质的感觉分析功能.....142
第三节 体温调节.....109	第五节 神经系统对躯体运动的调节.....144
一、温度感受器.....109	一、脊髓对躯体运动的调节.....144
二、体温中枢及体温调节机制.....110	二、脑干对肌紧张的调节.....145
第四节 家畜对外界高温和低温的反应.....110	三、脑干对姿势反射的调节.....147
一、家畜对高温环境的适应反应.....111	四、小脑对躯体运动的调节.....148

五、基底神经节对躯体运动的调节·····	149	一、肾上腺的形态结构·····	175
六、大脑皮质对躯体运动的调节·····	149	二、肾上腺皮质激素·····	176
第六节 植物性神经系统对内脏运动的		三、肾上腺髓质激素·····	179
调节·····	151	第八节 性激素·····	180
一、植物性神经系统的结构特征·····	151	一、睾丸的内分泌功能及其调节·····	180
二、植物性神经系统的主要功能·····	151	二、卵巢的内分泌功能·····	181
三、植物性神经递质及其受体·····	153	三、胎盘的内分泌功能·····	182
四、植物性神经各级中枢对植物性功能的		第九节 其他内分泌激素·····	183
调节·····	164	一、前列腺素·····	183
第七节 脑的高级功能·····	155	二、松果腺激素·····	184
一、条件反射·····	155	三、胸腺·····	185
二、动力定型·····	156	第十一章 生殖与泌乳·····	187
三、高级神经活动的类型·····	157	第一节 概述·····	187
第十章 内分泌·····	159	一、生殖器官的功能·····	187
第一节 概述·····	159	二、初情期和性成熟·····	187
一、内分泌系统和激素的概念·····	159	三、性季节·····	188
二、激素的作用原理·····	159	第二节 性细胞的形成·····	189
三、激素的一般作用·····	160	一、卵子的生成·····	189
四、内分泌腺活动的调节方式·····	162	二、精子的生成·····	191
第二节 下丘脑·····	163	第三节 发情周期·····	193
一、下丘脑的结构·····	163	一、发情周期的概念及分期·····	193
二、下丘脑的激素及其生理作用·····	164	二、影响发情周期和发情的因素·····	193
第三节 垂体·····	165	三、内分泌系统对发情周期的调节·····	194
一、垂体的结构特征·····	165	第四节 受精、妊娠和分娩·····	195
二、腺垂体激素及其生理作用·····	166	一、受精·····	195
三、腺垂体活动的调节·····	167	二、妊娠·····	196
四、神经垂体激素的生理作用及其释放调		三、分娩·····	198
节·····	168	第五节 乳的生成和排出·····	199
第四节 甲状腺·····	169	一、乳腺的结构和发育·····	200
一、甲状腺激素的合成、贮存和释放·····	169	二、乳汁·····	201
二、甲状腺激素的生理作用·····	169	三、乳的生成及其调节·····	202
三、甲状腺分泌的调节·····	170	四、乳的排出及其调节·····	203
第五节 甲状旁腺和甲状腺C细胞·····	171	第十二章 禽类生理特征·····	205
一、甲状旁腺·····	171	第一节 血液生理特点·····	205
二、甲状腺C细胞·····	172	一、血液的理化特性·····	205
三、甲状旁腺素、降钙素和维生素D ₃ 对血		二、血细胞·····	206
钙的调节·····	172	三、血液凝固·····	207
第六节 胰岛·····	172	第二节 循环生理特点·····	207
一、胰岛素和胰高血糖素·····	173	一、心脏和血管的活动·····	207
二、胰岛B细胞和A细胞分泌的调节·····	174	二、心脏活动的调节·····	208
第七节 肾上腺·····	175		

第三节 吸呼生理特点	208	实验十 血红蛋白的测定(学生自做)	231
一、呼吸系统	208	实验十一 红细胞脆性试验(学生自做)	232
二、呼吸运动和气体交换	208	实验十二 红细胞沉降率的测定(选做)	233
三、呼吸频率	209	实验十三 蛙心肌特性和收缩记录(选做)	234
四、气囊的生理功能	209	实验十四 蛙心的兴奋性及兴奋传导(学生自做)	235
第四节 消化生理特点	209	实验十五 离体蛙心灌流(选做)	236
一、口腔内的消化	210	实验十六 心电图的描记(示教)	238
二、嗉囊内的消化	210	实验十七 心血管活动的神经体液调节(示教)	239
三、腺胃内的消化	210	实验十八 胸内压的测定(示教)	242
四、肌胃内的消化	211	实验十九 呼吸运动的调节(示教)	243
五、肠内的消化和吸收	211	实验二十 唾液分泌(示教)	244
第五节 体温生理特点	211	实验二十一 猪胃的运动与分泌(选做)	246
第六节 泌尿生理特点	212	实验二十二 反刍动物的反刍、咀嚼和瘤胃运动的描记(选做)	249
第七节 神经系统生理特点	213	实验二十三 胆汁和胰液的分泌(选做)	250
第八节 内分泌生理特点	213	实验二十四 胃肠运动的直接观察(选做)	251
一、甲状腺	213	实验二十五 小肠吸收与渗透压的关系(选做)	252
二、甲状旁腺和鳃后腺	214	实验二十六 尿的分泌(学生自做)	253
三、肾上腺	214	实验二十七 神经干动作电位的观察(示教)	254
四、胰岛	214	实验二十八 神经冲动传导速度的测定(选做)	255
第九节 生殖生理特点	215	实验二十九 反射弧分析(学生自做)	257
一、雌禽的生殖	215	实验三十 脊髓反射(学生自做)	258
二、雄禽的生殖	217	实验三十一 大脑皮质运动区机能定位(示教)	259
实验指导	219	实验三十二 甲状腺对蝌蚪变态的影响(选做)	260
一、实验守则	219		
二、实验内容	220		
实验一 蛙坐骨神经腓肠肌标本制备(学生自做)	220		
实验二 阈刺激、阈上刺激与最大刺激(选做)	221		
实验三 骨骼肌的单收缩(学生自做)	222		
实验四 骨骼肌收缩的总和(选做)	223		
实验五 骨骼肌的强直收缩(学生自做)	224		
实验六 生物电现象观察(学生自做)	225		
实验七 血液的组成和红细胞比容的测定(学生自做)	226		
实验八 红细胞计数(学生自做)	227		
实验九 白细胞计数(学生自做)	230		

实验三十三	胰岛素和肾上腺素对血糖的影响(选做).....	260	三、附录.....	266
实验三十四	摘除肾上腺对动物的影响(选做).....	261	附录一 常用生理溶液的配制.....	266
实验三十五	用激素的方法检查母马妊娠(学生自做).....	263	附录二 生理实验控制动物常用方法.....	266
实验三十六	乳畜的排乳反射(选做).....	264	附录三 生理实验动物常用的麻醉药物.....	268
			附录四 生理实验常用手术器械.....	269
			附录五 实验动物的处理及护理.....	269

第一章 绪 论

家畜生理学是生理学的一个分支，是畜牧和兽医专业的重要基础理论学科之一。它既是畜牧业实践中正确饲养、迅速繁殖家畜和获取优质高产的肉、蛋、奶、皮、毛等畜禽产品的理论基础，也是兽医临床工作者正确认识畜禽疾病，分析致病原因，提出合理治病方案和有效防预措施的理论根据。

一、家畜生理学的研究对象,方法,学习目的和任务

(一)家畜生理学的研究对象 家畜生理学是研究健康家畜(包括家禽)的生命现象(生理活动)及其规律的科学。由于家畜的结构和机能十分复杂，因而只有从不同的角度进行研究才能正确认识生命现象及其活动规律。

畜体的生理活动都是以细胞内部一定的物质分子所进行的物理和化学变化为基础的。因此，要认识生命的本质，就必须深入到细胞内部，从分子水平研究生命的物质结构与生命现象的关系，尤其要研究蛋白质的分子结构同生命现象的关系。

家畜是高度进化发展的动物，有结构复杂的器官和系统，有形式多样的生理活动。因此，要阐明生命现象发生的原理和规律，除从分子水平进行研究外，还要全面研究构成畜体的各种细胞、组织、器官和系统的不同生理过程以及它们之间的相互关系。

家畜体内不同器官和系统的生理活动保持着复杂而精确的联系，存在着相互制约的关系，从而使各器官和系统之间的机能表现为整体的活动，而且这种整体活动也随着畜体生活环境条件的改变而发生相应的变化。机体活动的这种完整性和统一性具有重大生物学意义的生命现象，因此，研究家畜整体的生命活动规律，以及它们与环境变化之间的辩证关系也是家畜生理学要研究的一个重要方面。

综上所述，家畜生理学的研究对象应包括三个部分：一是从细胞和分子角度研究家畜生命现象的基本理化机制，这就是细胞和分子生理学。二是从器官和系统的角度研究它们的特有生理机能，以及它们之间活动的相互关系，这就是器官和系统生理学。三是从整体角度研究体内各系统机能活动的协调性，以及畜体对生存环境的适应性，即整体和环境生理学。

本书主要从器官、系统和整体角度阐述家畜的正常生理活动。在有些问题上将会涉及细胞或分子水平方面的部分知识。

(二)家畜生理学的研究方法 生理学是一门实验性的学科，它对于畜体的生命现象除进行观察外，还要通过生理实验来验证生命现象和阐明生理活动的机制。观察主要指将畜体的生命现象如实记录下来，加以分析、综合和描述，然后做出初步结论。生理实验是指人为地创造一定的条件，使机体内比较隐蔽或微细的生理活动表面化或形象化，以便观察和分析；或使某些生理活动的因果关系明朗化或条理化，从而加深对它们的了解和认识。

生理学实验方法包括急性实验法和慢性实验法两种。

1.急性实验法 由于研究的目的不同，急性实验法又分为离体实验法和在体实验法两

种。离体实验法是从活的或刚死的动物身上取出要研究的器官（如心脏等）或组织（如肌肉等），放在人工环境中，使其在一定时间内能保持生理功能，以便进行实验研究。在体实验法是先将动物麻醉，然后进行手术，暴露要研究的器官或组织，再进行实验观察。这两种实验方法由于实验过程不能持久，实验后的动物也难以生存，故称急性实验法。

2.慢性实验法 主要指在无菌条件下，暴露要研究的器官（如将卵巢移植在腹腔外——卵巢瘘），或摘除、破坏某一器官（如切除某一内分泌腺），然后尽可能在自然生活条件下，观察所暴露器官的某些功能，或观察在摘除、破坏某一器官后对机体生理功能的扰乱。由于这种实验方法能够在同一动物上较长时间地进行实验，故称慢性实验法。

急性实验法和慢性实验法都是研究动物生命现象的方法和手段，各有其优缺点。急性实验法的优点在于实验条件和研究对象都比较简单和单纯，可以把问题分析得很细致，所以又有分析法之称，缺点是实验常在脱离整体的条件或受解剖、麻醉的影响下进行，使实验结果带有一定的片面性。慢性实验法的优点是动物处在正常状态下，故实验结果与正常的生理情况基本一致，此外，还可研究整体动物生理活动的某些机制，所以又称综合法；缺点是许多生命现象的观察和验证用慢性实验法难以实现，故应用范围有一定的局限性。

（三）学习家畜生理学的目的和任务 家畜生理学与其他学科一样，其理论基础来自实践，反过来又要为实践服务。因此学习家畜生理学的目的，不仅在于能够解释复杂的生命现象，揭露和认识生命活动的规律，更重要的是在认识和掌握家畜生命活动的规律后，应主动运用这些规律去干预和控制家畜的各种生理机能，使它们转化为适应生产发展的需要，以便更有效地促进畜牧兽医事业的发展。近年来，广大畜牧兽医工作者，运用已掌握的生理学知识，为畜牧兽医事业的发展做了大量的工作，如成功地创造了公畜精液长期低温保存，积极地推广母畜的人工授精、同步发情、超数排卵、受精卵移植、胚胎分割和试管绵羊等新技术。这些新技术的使用和推广促进畜牧业生产进入了一个崭新的阶段，这正是学习家畜生理学的目的。

畜牧业是社会生产经济和现代化农业的重要组成部分，它的发展对于提供大量有机肥保证农业增产，对于促进以畜产品为原料的轻工业生产，对于满足人民日益增长的动物性食品的需要，以及对于开发畜产品经济，增加外贸收入等等，都具有重大的现实意义。因此，要迅速发展畜牧业，使农牧业向机械化进军，这就给家畜生理学的研究提出了迫切而光荣的任务。例如，在实现畜牧业机械化的过程中，结合我国现有的实际生产水平，应当选用什么饲料，怎样合理调配饲料，制定何种饲喂制度，才能提高饲料的利用率，进而使家畜的消化、吸收旺盛，发育好，生长快，乳、肉、皮、毛优质高产。这些问题都是家畜生理学在消化和代谢生理方面要认真研究和积极承担的任务。又如，农业实现机械化后，大量耕畜如何逐步改良为肉用、乳用和乳肉兼用品种，以扩大肉食来源；以及如何驯化和培育野生经济动物，如鹿、貂、狐等，以繁荣社会主义商品经济，扩大出口量，换取更多外汇，增加国家收入。这些问题也都是家畜生理学要研究的课题。

兽医事业是畜牧业生产发展的重要保证。为此，要迅速消灭和控制家畜传染病，要制定防重于治的医疗方针。家畜生理学在这方面也肩负着十分重要的任务。因为只有深入揭示家畜正常生理活动的规律性，才能不断充实和发展新理论，取得新成就，进一步武装兽医学科。这样，兽医工作者就会在更加坚实的理论基础上和更加先进的理论指导下，正确认识疾

病，合理分析致病原因，制定有效的防治措施，为迅速发展畜牧业做出新的贡献。

二、畜体机能活动的调节

畜体由各种细胞、组织和器官组成，它们都具有不同的机能活动。但是，这些活动并不孤立进行，而是互相配合形成一个整体的活动。不仅如此，畜体的机能活动还与其生存环境密切相关。当生存环境发生变化时，畜体的机能活动也发生相应的改变，来保持与环境的统一。畜体的各种机能活动之所以能够互相配合，并与环境变化保持统一，是由于畜体内存在一整套的调节机构，能对各种机能活动进行调节。其调节的基本方式，归纳起来主要有神经调节，体液调节以及细胞、组织、器官的自身调节。

(一) 神经调节 神经调节是通过神经系统的机能实现的。构成神经系统的各类细胞，以其自身的特异功能来影响和控制体内其他细胞以及各种器官和系统的机能活动，使其更为精确和协调。神经调节的生理意义，主要在于使畜体适应生存环境的变化，维持畜体与环境的统一。神经调节的主要方式是反射。反射是指在中枢神经系统的参与下，畜体对内外环境变化产生的应答性反应。反射的结构基础是反射弧，是由感受器、传入神经、反射中枢、传出神经和效应器五部分组成。感受器是接受刺激的装置，能将刺激转换为神经活动的信息，信息再经传入神经传到反射中枢。反射中枢位于中枢神经系统内，具有不同的功能，除能对到达的信息进行分析、综合外，还可产生信息，经传出神经传至效应器，使其产生应答性反应。

上述情况表明，反射弧的组成部分各有不同的机能。它们之间的关系可用下列简式来表示，感受器→传入神经→反射中枢→传出神经→效应器。按上式推论，一旦神经冲动信息由感受器传到效应器，反射过程即行结束，因此容易把反射弧看成是一种开放回路。但实际上，在各效应器上都分布有感受细胞或感受器，能将效应器的活动信息随时传回反射中枢，使反射中枢适时地调节自身所产生的传出信息，以控制效应器的应答性反应。因此，神经冲动信息在反射弧上的传递是闭合回路的形式，也就是说，在反射过程中，神经调节是通过闭合回路完成的。神经调节的这种方式也称反馈性调节或自动性调节。

反馈是借工程技术自动控制理论上的术语。在工程技术上，由控制部分发出的信息改变受控部分的状态，而受控部分又不断将自身的活动信息输回控制部分，以纠正和调节控制部分，使它对受控部分的控制更加精确和协调。这种由受控部分将信息输回控制部分的现象称为反馈；把受控部分能使控制部分不断得到纠正和调节的效应称反馈调节。如果信息反馈使控制部分的原始信息加强或延续，称为正反馈调节；若使控制部分的原始信息减弱或中断，则称为负反馈调节。在畜体内，效应器对中枢的作用大多数是负反馈性的，其具体实例详见本书有关章节。

(二) 体液调节 体液调节主要是通过内分泌腺所分泌的各种激素来完成的。这些激素进入血液后，经血液循环运送到身体各处，以调节畜体的新陈代谢、生长发育和生殖机能等。由于激素是靠血液运输到身体的一定部位而起作用的，故称为体液调节。体液调节在协调持续性的生理活动，维持内环境的稳定上具有重要的作用。

在畜体内，只有少数内分泌腺是在内环境发生变化的情况下直接分泌激素，大多数内分泌腺的分泌活动则是直接或间接地受中枢神经系统的控制。因此，体液调节就成为神经调节

的一个环节，故常把体液调节称为神经-体液调节。

除激素外，体内某些组织细胞所产生的一些化学物质或代谢产物，如 CO_2 、乳酸等，可以在局部组织液中扩散，以改变邻近组织的细胞机能，这也是体液调节的一种方式，称为局部性体液调节。

(三)自身调节 自身调节是指内外环境发生变化时，体内的某些细胞、组织和器官的活动不依赖神经和体液的调节而本身所产生的一种适应性反应。例如，心肌的收缩力量大小，在一定范围内依靠其自身在收缩前肌纤维的长短来调节。收缩前的肌纤维长，收缩力量大；收缩前的肌纤维短，则收缩力量小。又如，动脉血压在一定范围内升降时，脑血管能相应地发生收缩或舒张，以此来调节血流阻力，使脑血流量不受动脉血压变化的影响而能维持在相对恒定的水平。一般来说，自身调节的范围较小，也不十分灵敏，但对某些生理功能的调节仍有一定的意义。

(何炎武)

第二章 细胞的基本功能

细胞是生命活动的结构基础，也是生命活动的基本功能单位。在畜体中，细胞种类繁多，形态不同，功能各异。但从宏观上看，各种细胞的基本结构和功能都是相似的。

第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能

一、细胞膜的基本结构

细胞膜是包被在细胞外的一层脂质弹性薄膜，其厚度约7.5—10纳米。在电镜下，细胞膜及细胞内的其他膜性结构，如内质网膜、线粒体膜等均为3层，内外2层着色较暗，中间一层较亮，总称为单位膜。

目前认为，细胞膜的分子结构为“液态镶嵌”模型，即膜结构以液态脂质双分子层为基架，其中镶嵌着具有不同生理功能的球形蛋白质。细胞膜的化学组成主要是脂质和蛋白质，也有少量的糖类成分。

(一) 脂质 细胞膜中的脂质分子，70%是磷脂，30%为胆固醇。在外观上，每个脂质分子呈“一头两尾”的长杆状结构。头含有磷酸，带正电荷，为易溶于水的极性基团，通称亲水端。尾由2个碳氢链组成，不溶于水，易溶于脂肪溶剂，为非极性基团，通称疏水端。亲水端能与水分子结合，疏水端则排斥水分子，而且2个碳氢链相互靠近。这样，细胞膜就由2层脂质分子构成，分子的亲水端朝向膜的内、外表面，其疏水端则面对面的朝向双分子层的中央。因此，细胞膜是排列很整齐的脂质双层结构。由于细胞膜脂质分子所含脂肪酸不饱和程度较高，熔点也比体温低，因而在体内以液态形式存在，有一定的流动性，故把细胞膜的脂质双层又称为液态脂质双层。细胞膜的这种特殊结构使膜具有很低的通透性，水溶性物质难以单独通过，故一般认为脂质双层在实现细胞膜的屏障功能中起着主要的作用。

(二) 蛋白质 在细胞膜的脂质双层基架中，镶嵌着呈球形的多种膜蛋白质。在细胞膜中以两种形式存在，一种仅附着在膜的表层，称为表在膜蛋白；另一种则贯穿整个脂质双层，或者以一定的深度嵌入膜外层脂质或介于2层脂质之间，称为镶嵌蛋白。

目前认为，各种膜蛋白具有不同的特殊功能。有的起着“泵”的作用，能将 H^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 等离子转运进入细胞；有的构成膜的专门通道，能使某些物质，如葡萄糖、氨基酸等经通道进入细胞；有的就是细胞膜上的受体，能与相应的激素或神经递质相结合；有的参与细胞的免疫机能；有的则成为促进膜表面进行特异性反应的酶，如腺苷酸环化酶等。

(三) 糖类 细胞膜中含有少量的多糖，它们以共价键与膜蛋白或脂质的极性基团相结合，分别组成糖蛋白或糖脂，它们的作用尚不十分清楚。目前，只证实了糖蛋白的糖链在化学结构上具有特异性，因而成了细胞的“标记”，便于某一特定化学物质识别而与之结合，由此产生相应的反应。例如，细胞膜受体的“识别”部分就是糖蛋白，某些激素或神经递质

能与它发生特异性结合，从而产生一定的生理效应。又如，红细胞膜上的血型抗原物质是糖蛋白和糖脂的复合物，特异的化学物质（血型抗体）与它结合就发生抗原—抗体反应等。

二、细胞膜的物质转运功能

细胞要不断的进行新陈代谢，就必须通过细胞膜有选择的连续进行各种物质的交换和转运。就目前所知，细胞膜对物质的转运包括单纯扩散、主动转运及出胞和入胞3种类型。

（一）单纯扩散 扩散是分子或离子从浓度高的一侧通过细胞膜向浓度低的一侧运动，即顺电-化学梯度的扩散。这是一种不耗能的被动转运。物质扩散通过细胞膜的数量常以通量表示，即在每秒钟物质通过每平方厘米面积的摩尔（或毫摩尔）数。物质的性质不同，通过细胞膜的扩散方式也各异。单纯扩散主要包括3种形式。

1. 溶解扩散 一些物质，如氧、二氧化碳、醇和脂肪酸等，既能溶于水，也可溶于脂质，因而当它们与细胞膜接触时，就能溶于脂质膜内，并进一步扩散到膜另一侧的水介质中。这种形式的扩散称为溶解扩散。其通量与细胞膜两侧的物质浓度差成正比，也与物质本身的脂溶性程度大小有关，即物质的浓度梯度越大，脂溶性程度越高，则扩散越快。

2. 易化扩散 某些难溶于脂质的物质或亲水物质，必须依靠中间物质（载体）携带才能通过细胞膜，这种形式的扩散称为易化扩散，或称载体扩散。一般来说，在载体充足而有效的情况下，易化扩散的通量主要取决于膜两侧的物质浓度梯度，即在一定的浓度梯度范围内，浓度梯度愈大，易化扩散的通量愈大。

3. 经通道扩散 某些离子，必须借助于膜上的通道才能通过细胞膜，如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等正离子以及某些负离子（ Cl^- ）的扩散就是这样。通道由嵌入脂质膜的蛋白质构成，有一定口径，内壁带电荷。实验证实，通道并非始终敞开，而是有开有关，由通道上的闸门控制。关于闸门控制的机制，目前尚无定论。但已证实各种通道的开放和关闭具有电压依赖性的特征，即通道的启闭是随着膜电位的变化进行的。

（二）主动转运 主动转运是指通过细胞膜上“泵蛋白”的活动，将某种物质由膜的低浓度一侧主动转运到高浓度一侧，即逆电-化学梯度的转运。这种转运要消耗能量，由ATP提供。

目前，对于细胞膜上的“泵蛋白”研究最多的是“钠-钾泵蛋白”，简称“钠泵蛋白”。能主动转运 Na^+ 、 K^+ 。细胞在静息状态时，细胞膜内的 K^+ 浓度为膜外的20—40倍，膜外的 Na^+ 浓度则是膜内的7—12倍。这一现象的存在，就是钠泵蛋白对这2种离子主动转运的结果。

（三）出胞和入胞 某些大分子物质和液状团块，通过一种特殊的出胞和入胞机制进出细胞。出胞是指这类物质由细胞内排出。其过程是：细胞内大分子物质和液状团块向膜内侧移动，先与膜接触而后与膜相融合；接着膜在融合处出现裂口，于是这些物质由裂口排出胞外，裂口两侧的膜逐渐靠拢吻合。消化腺细胞将自身的酶原颗粒分泌到肠腔、神经末梢释放递质等，都是通过出胞机制实现的。

入胞是指某类物质进入细胞。若进入物为液体，称为吞饮；如进入物是固体，则称为吞噬。物质入胞的过程是：存在于细胞周围的某类物质先与细胞膜相接触，而后被膜“辨识”或吸附。此时，相接触的这部分膜，在结构和功能上发生变化，即膜出现内陷或先伸出伪足

而后内陷将物质包围。接着发生细胞膜的断裂与融合，使被包围的物质与细胞膜分离而落入胞浆，断裂处的细胞膜则发生融合。落入胞浆的物质与胞内的溶酶体相接触，~~进而被溶酶体~~内的酶消化。嗜中性粒细胞对细菌的吞噬就是通过入胞机制实现的。

第二节 细胞的兴奋性和生物电现象

一、细胞的兴奋性

(一) 兴奋性的概念 兴奋性是指细胞对刺激能够发生反应的能力或特性。例如，用电流直接刺激肌细胞，肌细胞产生收缩反应，这就是细胞具有兴奋性的表现。细胞虽具有兴奋性，但由于细胞种类不同，兴奋性有高低之别。在各种细胞中，神经细胞、肌细胞和腺细胞的兴奋性较高，故习惯上将它们称为可兴奋细胞。可兴奋细胞只是生理学中的一个特定概念，主要用来表述上面提到的那些兴奋性较高的3种细胞，并不是说体内其他细胞不存在兴奋性。

细胞的兴奋性不是固定不变的，在一定条件下能发生一定程度的改变。如体内温度降低时，由于细胞的新陈代谢活动减弱，其兴奋性随之而降低，临床上应用低温麻醉就是这个道理。此外，细胞在兴奋时，兴奋性还要经历一系列的规律性变化。这一问题将在兴奋性变化中讨论。

细胞兴奋性的存在、维持和改变，都是以细胞内新陈代谢活动为基础的。因此，一旦新陈代谢停止，细胞的兴奋性也随之消失。

随着电生理技术的发展和实验资料的积累，大量事实表明，各种可兴奋细胞受刺激而兴奋时，其外在表现形式虽不一样，如各种肌细胞表现为机械性收缩，各类腺细胞为分泌活动等。但它们都有一个最先发生的相同反应，这就是在受刺激细胞膜两侧发生电位变化，即产生动作电位。机械性收缩和分泌活动是由细胞膜上的动作电位进一步激发而引起的。由于动作电位是可兴奋细胞受刺激时的共同反应，也是细胞实现其功能的关键性因素，所以在近代生理学中，对兴奋性的概念有了新的涵义，即兴奋性是指细胞受刺激时具有产生动作电位的能力。

(二) 刺激与细胞的兴奋

1. 刺激的概念 刺激是泛指能引起细胞、组织或机体发生反应的环境变化，即环境中的各种变化都可构成刺激。刺激按其性质或能量形式分为三类：①物理性刺激，如机械、温度、声、光、电、磁和放射性等；②化学性刺激，如各种溶液、气体、氢离子浓度、细胞代谢产物和激素等；③生物性刺激，如微生物和寄生虫等。

2. 刺激引起细胞的反应 细胞受刺激后产生的反应有2种形式：一种是细胞由相对静止状态转变为显著活动状态，或由较弱的活动转变为较强的活动，这种表现称为兴奋。另一种是细胞由显著活动状态转变为相对静止状态，或由较强的活动转变为较弱的活动，这种表现称为抑制。

兴奋和抑制是关于细胞对刺激反应的一对主要概念，是细胞活动的基本表现形式。兴奋是在刺激作用下，细胞内新陈代谢过程增强和加速的结果。抑制是在刺激作用下，细胞内新