

5 年制全国高等医学院校教材



普通高等教育“十五”国家级规划教材

Medical

Physiology

医学生理学

朱文玉 主编



内附光盘



北京大学医学出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材
五年制全国高等医学院校教材

医 学 生 理 学

主 编 朱文玉

副主编 王卫国

倪 江

曲瑞瑶

编写人：(按姓氏笔画排列)

丁报春	汕头大学医学院
王卫国	天津医科大学
仇晓菁	天津医科大学
朱 辉	哈尔滨医科大学
朱文玉	北京大学医学部
余承高	华中科技大学同济医学院
曲瑞瑶	首都医科大学
李春跃	内蒙古医学院
倪 江	哈尔滨医科大学
崔浩军	内蒙古医学院

北京大学医学出版社

YIXUE SHENGLIXUE

图书在版编目 (CIP) 数据

医学生理学 / 朱文玉主编. — 北京: 北京大学医学出版社, 2003.2
ISBN 7-81071-340-X

I. 医… II. 朱… III. 医学生理学—医学院校—教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 1011607 号

北京大学医学出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内)

责任编辑: 慕海燕

责任校对: 齐欣

责任印制: 郭桂兰

北京佳信达艺术印刷有限公司印刷 新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 26.5 字数: 670 千字
2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷 印数: 1-10000 册

定价: 49.80 元

版权所有 不得翻印

前言

为响应国家教育部深化教育改革,加强教材建设的号召,我们编写了这本《医学生理学》教材,供医学本科五年制学生使用。

生理学是医学课程中的一门重要基础课,它的教学目标应服从医学本科教育的整体目标,即加强基础、淡化专业,培养知识面广的医学毕业生。在生理学知识迅速扩展深入,特别是在细胞和分子水平方面的进展日新月异的新形势下,生理学教材写些什么?怎么写?一直是广大生理学教师们思考的一个问题。

我们认为,新型的教材既要给学生传授本门学科的基础理论、基本知识和基本技术,也要注意推陈出新,不断补充新观念、新进展,同时更要在培养学生学习能力、独立思考能力等素质方面下功夫。在学习、分析了国内外现有教材的基础上,我们在以下方面作了努力。一是加强理论联系实际,对与临床关系密切的理论知识,适当地举例联系,使学生在在学习时有鲜明的目的性,并提高学习兴趣,达到加深理解和记忆的目的;二是扩大阅读面,在各章中设立了资料栏(box),其内容包括:有应用前景的新进展、有启发性的科学史实简介、经典或新的实验方法等,引导学生领悟科学的思维方法和艰苦的实践过程是科学前进的重要原则;三是增加一些总结性的图和表,帮助学生学会归纳、提炼、总结所学的知识。此外,本书还适当地增加了英文标题及英文专业名词,并配以包含生理学重要词汇的英文解读及全书图表的光盘;书末提供了主要参考书目;在索引中,中文名词后面注释了英文。希望这些努力有助于学生掌握专业英语。

为了我国医学教育早日与国际接轨,我们在努力,但在书成之后,仍感离愿望甚远。且由于水平和时间有限,书中难免存在错误或不当之处,恳请广大师生提出批评及改进意见。

教育部及参编院校的领导和对本书的编写给予了极大的支持和帮助;北京大学医学出版社在人力、物力上的投入使本书得以以双色套印出版;汕头大学秦达念教授、厦门大学医学院张业、哈尔滨医科大学金宏波、天津医科大学李晨等老师协助了部分内容的编写,在此一并表示感谢。

编者

2002.10

目 录

第一章 绪论 INTRODUCTION.....	1
第一节 生理学简介 An Overview of Physiology.....	1
一、什么是生理学 What is physiology.....	1
二、生理学的研究方法 Methods used in physiological study.....	1
第二节 生命活动的基本特征 Basic Properties of the Living Body.....	2
一、新陈代谢 Metabolism.....	2
二、兴奋性 Excitability.....	2
三、适应性 Adaptability.....	3
四、生殖 Reproduction.....	3
第三节 内环境及其稳态 Internal Environment and Its Homeostasis.....	3
第四节 机体功能的调节 The Regulation of Body Function.....	5
一、机体功能调节的方式 Types of the regulation.....	5
二、反馈控制的概念 The concept of feedback control.....	6
复习思考题.....	7
第二章 细胞的基本功能 THE CELL AND ITS FUNCTION.....	8
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能 Basic Structure of the Cell Membrane and Its Substance Transport Function.....	8
一、细胞膜的分子组成和结构 Molecular composition and structure of the cell membrane....	8
二、细胞膜的跨膜物质转运功能 Transport of substances through the cell membrane.....	11
第二节 细胞的跨膜信号传递功能 Signal Transmission Through the Cell Membrane.....	17
一、细胞间的信号传递 Intercellular signal transmission.....	17
二、跨膜信号传递系统 Transmembrane signal transmission systems.....	18
第三节 细胞的生物电现象 Bioelectricity Phenomena of the Cell.....	23
一、静息电位及其产生机制 Generation of resting membrane potential.....	23
二、动作电位及其产生机制 Generation of action potential.....	25
三、膜通透性、电导与离子通道 Permeability, conductance and ion channels of the cell membrane.....	28
四、兴奋过程中兴奋性的变化 Changes of excitability during action potential.....	31
五、兴奋的引起和传导 Initiation and propagation of action potential.....	32
第四节 骨骼肌的收缩功能 Contraction of Skeletal Muscle.....	36
一、骨骼肌的兴奋和收缩 Excitation and contraction of skeletal muscle.....	36
二、骨骼肌收缩的力学和外部表现 Mechanics and characteristics of skeletal muscle contraction.....	42

复习思考题.....	47
第三章 血液 BLOOD.....	48
第一节 概述 Introduction.....	48
一、血液的组成 Components of blood.....	48
二、血液的功能 Functions of blood.....	49
第二节 血浆 Plasma.....	50
一、血浆的主要成分及功能 Components and functions of plasma.....	50
二、血浆的理化特性 Physicochemical properties of plasma.....	51
第三节 血细胞 Blood Cells.....	52
一、红细胞 Red blood cells.....	52
二、白细胞 White blood cells.....	53
三、血小板 Platelets.....	54
四、血细胞的生成与破坏 Hematopoiesis and hematoclasis.....	56
第四节 生理性止血 Hemostasis.....	59
第五节 血液凝固 Blood Coagulation.....	60
一、凝血因子 Coagulation factors.....	60
二、血液凝固的过程 Processes of blood coagulation.....	60
三、抗凝和纤维蛋白溶解 Anticoagulation and fibrinolysis.....	62
第六节 血型 Blood Groups.....	64
一、ABO 血型系统和 Rh 血型系统 ABO blood group system and Rh blood group system... 64	
二、输血和交叉配血 Blood transfusion and cross matching.....	67
复习思考题.....	68
第四章 血液循环 BLOOD CIRCULATION.....	69
第一节 心脏生理 Cardiac Physiology.....	69
一、心动周期 Cardiac cycle.....	69
二、心动周期中容积—压力的变化 The changes of volume—pressure in cardiac cycle.....	70
三、单个心肌细胞的生物电现象 Bioelectric phenomena of single myocardial cell.....	77
四、心电图 Electrocardiogram.....	81
五、心肌的电生理特性 Myocardial electrophysiologic properties.....	82
六、心音 Heart sound.....	89
第二节 血管生理 Physiology of Blood Vessels.....	89
一、各类血管的结构与功能 Structure and function of blood vessels.....	89
二、血流、血压与脉搏 Blood flow, blood pressure and pulse.....	90
三、微循环 Microcirculation.....	96
四、组织液的生成与回流 The formation and return of interstitial fluid.....	99
五、淋巴液的生成与回流 The formation and return of lymphatic fluid.....	100
第三节 心血管活动的调节 Regulation of Cardiovascular Activity.....	101

一、神经调节 Nervous regulation.....	101
二、体液调节 Humoral regulation.....	110
第四节 器官循环 Organ Circulation.....	115
一、冠脉循环 Coronary circulation.....	115
二、肺循环 Pulmonary circulation.....	117
三、脑循环 Cerebral circulation.....	118
复习思考题.....	120
第五章 呼吸 RESPIRATION.....	121
第一节 呼吸的功能结构 Functional Structure of Respiration.....	122
一、胸廓与肺 Thorax and lungs.....	122
二、呼吸道 Respiratory tracts.....	122
三、肺泡 Alveoli.....	123
第二节 肺通气原理 Principles of Pulmonary Ventilation.....	125
一、肺通气动力 Driving force of pulmonary ventilation.....	125
二、肺通气阻力 Resistances in pulmonary ventilation.....	130
三、肺通气能力评价 Evaluation of pulmonary ventilation.....	134
四、肺通气量 Ventilation Volume.....	135
第三节 呼吸气体交换 Gas Exchange.....	137
一、气体交换原理 Principles of gas exchange.....	137
二、呼吸气体在肺部的交换 Gas exchange in lungs.....	139
三、呼吸气体在组织的交换 Gas exchange in tissues.....	141
第四节 气体在血液中的运输 Gas Transport in the Blood.....	142
一、血液中呼吸气体运输方式 Transport forms of respiratory gas in the blood.....	142
二、氧的运输 Transport of oxygen.....	143
三、二氧化碳的运输 Transport of carbodioxide.....	147
第五节 呼吸的调控 Regulation of Respiration.....	149
一、呼吸调节机制 Regulatory mechanisms of respiration.....	149
二、呼吸中枢与呼吸节律 Respiratory center and rhythmic breathing.....	149
三、呼吸调节的化学性反射 Chemical reflexes of respiratory regulation.....	152
四、呼吸调节的机械性反射 Mechanical reflexes of respiratory regulation.....	156
复习思考题.....	157
第六章 消化和吸收 DIGESTION AND ABSORPTION.....	158
第一节 概述 Introduction.....	158
一、消化道平滑肌的生理特性 Characteristics of gut smooth muscle.....	158
二、消化腺的分泌功能 Secretory function of digestive glands.....	159
三、消化系统的神经支配 Innervation of digestive system.....	160
四、消化道的内分泌功能 Endocrine function of digestive tract.....	161

第二节 口腔内消化 Digestion in Oral Cavity.....	163
一、唾液分泌 Salivary secretion.....	163
二、咀嚼 Mastication.....	164
三、吞咽 Swallowing.....	164
第三节 胃内消化 Digestion in Stomach	165
一、胃液的分泌 Gastric secretion.....	165
二、胃的运动 Gastric motility.....	171
第四节 小肠内消化 Digestion in Small Intestine.....	173
一、胰液的分泌 Pancreatic secretion.....	173
二、胆汁的分泌与排出 Secretion and excretion of bile.....	176
三、小肠液的分泌 Small intestinal secretion.....	177
四、小肠的运动 Small intestinal motility	178
第五节 大肠内消化 Digestion in Large Intestine.....	179
一、大肠液的分泌 Large intestinal secretion.....	180
二、大肠的运动和排便 Motility of large intestine and defecation.....	180
三、大肠内细菌的作用 Role of bacteria in large intestine.....	181
四、食物纤维素对胃肠道功能的影响 Effect of food cellulose on gastrointestinal functions.....	182
第六节 吸收 Absorption.....	182
一、吸收的形态学基础 Anatomical basis of absorption.....	182
二、吸收的途径 Pathways of absorption.....	183
三、营养物质的吸收 Absorption of nutrients.....	183
复习思考题.....	186
第七章 能量代谢和体温 ENERGY METABOLISM AND BODY TEMPERATURE.....	187
第一节 能量代谢 Energy Metabolism.....	187
一、机体能量的来源和利用 Source and utilization of energy of the body.....	187
二、能量代谢测定的原理和方法 Principles and Methods of energy metabolism measurement.....	189
三、影响能量代谢的因素 Factors affecting energy metabolism.....	193
四、基础代谢 Basal metabolism.....	194
第二节 体温及其调节 Body Temperature and Its Regulation.....	196
一、体温 Body temperature.....	196
二、产热与散热 Heat production and heat loss.....	199
三、体温调节 Thermoregulation.....	203
复习思考题.....	206
第八章 肾脏的排泄功能 EXCRETORY FUNCTION OF THE KIDNEYS.....	207
第一节 概述 Introduction.....	207

一、排泄和排泄途径 Excretion and the ways for excretion.....	207
二、肾脏的功能概述 General functions of the kidneys.....	207
三、肾脏的结构特点 Anatomical characteristics of the kidneys.....	208
四、肾脏血液循环的特点 Characteristics of renal blood circulation.....	210
五、尿生成的基本过程 The basal processes of urine formation.....	212
六、肾功能的主要研究方法 Main research methods for renal function.....	212
第二节 肾小球的滤过功能 Glomerular Filtration.....	213
一、肾小球滤过率与滤过分数 Glomerular filtration rate and filtration fraction.....	213
二、肾小球滤过膜 Glomerular filtration membrane.....	214
三、有效滤过压 Effective filtration pressure.....	215
四、影响肾小球滤过的因素 Factors affecting glomerular filtration.....	216
第三节 肾小管和集合管的重吸收和分泌功能 Reabsorption and Secretion in Renal Tubule and Collecting Duct.....	217
一、肾小管和集合管的重吸收功能 Reabsorption in renal tubule and collecting duct.....	217
二、肾小管和集合管的分泌功能 Secretion in renal tubule and collecting duct.....	221
第四节 尿液的浓缩与稀释 Urinary Concentration and Dilution.....	224
一、尿液的渗透压 Urinary osmotic pressure.....	224
二、尿液浓缩与稀释的机制 Mechanisms for urinary concentration and dilution.....	224
三、影响尿液浓缩与稀释的因素 Factors affecting urinary concentration and dilution.....	228
第五节 肾脏泌尿功能的调节 Regulation of Urine Formation in the Kidneys.....	229
一、肾内自身调节 Autoregulation in the kidneys.....	229
二、神经调节 Neural regulation.....	230
三、体液调节 Humoral regulation.....	230
第六节 血浆清除率 Plasma Clearance.....	235
一、血浆清除率的概念 Concept of plasma clearance.....	235
二、血浆清除率的生理意义 Physiological significance of plasma clearance.....	235
第七节 尿的排放 Micturition.....	237
一、膀胱和尿道的神经支配 Innervation of the urinary bladder and urethra.....	237
二、排尿反射 Micturition reflex.....	238
复习思考题.....	239
第九章 神经系统 NERVOUS SYSTEM.....	240
第一节 神经元和神经胶质细胞 Neurons and Neuroglial cells.....	240
一、神经元 Neurons.....	240
二、神经胶质细胞 Neuroglial cells.....	243
第二节 神经元之间的相互作用 Interaction Between Neurons.....	246
一、化学性突触 Chemical synapse.....	246
二、非突触性化学传递 Non-synaptic chemical transmission.....	251

三、局部神经元回路 Local neuronal circuit.....	252
第三节 神经递质和受体 Neurotransmitters and Receptors.....	253
一、神经递质 Neurotransmitters.....	253
二、神经递质的受体 Receptors for neurotransmitter.....	256
第四节 神经反射 Neural Reflex.....	260
一、反射和反射弧 Reflex and reflex arc.....	260
二、反射中枢 Reflex center.....	260
第五节 神经系统的感觉功能 Sensory Function of Nervous System.....	263
一、躯体感觉的传导道路 Pathways for somatic sensation.....	263
二、丘脑及其感觉投射系统 Thalamus and its sensory projection system.....	264
三、大脑皮层的感覺分析功能 Sensory analysis of cerebral cortex.....	266
四、痛觉 Pain.....	267
第六节 神经系统对躯体运动的调节 Somatomotor Regulation by Nervous System.....	270
一、脊髓对躯体运动的调节 Motor regulation by spinal cord.....	271
二、脑干对躯体运动的调节 Motor regulation by brain stem.....	274
三、基底神经节对躯体运动的调节 Motor regulation by basic ganglion.....	276
四、小脑对躯体运动的调节 Motor regulation by cerebellum.....	278
五、大脑皮层对躯体运动的调节 Motor regulation by cerebral cortex.....	279
第七节 神经系统对内脏功能的调节 Regulation of Visceral Function in Nervous System.....	282
一、自主神经系统的功能 Functions of autonomic nervous system.....	282
二、脊髓对内脏活动的调节 Visceral regulation by spinal cord.....	283
三、低位脑干对内脏活动的调节 Visceral regulation by lower brain stem.....	283
四、下丘脑对内脏活动的调节 Visceral regulation by hypothalamus.....	284
五、大脑皮层对内脏活动的调节 Visceral regulation by cerebral cortex.....	286
第八节 脑的高级整合功能 Higher Integration in Brain.....	287
一、学习与记忆 Learning and memory.....	287
二、语言 Speech.....	291
三、脑电图和皮层诱发电位 Electroencephalogram and cortical evoked potential.....	292
四、睡眠与觉醒 Sleep and awakening.....	295
五、情绪反应与行为的激发 Emotional response and behavior initiation.....	297
第九节 神经内分泌和免疫功能的关系 Relations between nerves, endocrine and immune functions.....	298
复习思考题.....	300
第十章 感觉器官 SENSE ORGANS.....	301
第一节 概述 Introduction.....	301
一、感受器、感觉器官的定义和分类 Definition and classification of receptor and sense organ.....	301

二、感觉的类型和性质 Sense modality and quality.....	301
三、感受器的阈值 Threshold of receptor.....	302
四、感受器的一般生理特性 Characteristics of receptor.....	302
第二节 视觉器官 Visual Sense Organ.....	303
一、眼折光系统的功能及视调节 Function of the refractive system and Visual accommodation.....	304
二、眼的感光功能 Photosensory function of the eye.....	306
三、与视觉有关的其他生理现象 Some visual phenomena.....	309
第三节 听觉器官 Auditory Sense Organ.....	311
一、外耳和中耳的功能 Functions of external and middle ears.....	311
二、内耳耳蜗的功能 Function of the cochlea in internal ears.....	313
第四节 前庭器官 Vestibular Organ.....	314
一、前庭器官的毛细胞 Hair cells in vestibular organ.....	314
二、半规管的功能 Functions of the semicircular canals.....	315
三、椭圆囊和球囊的功能 Functions of the utricle and saccule.....	315
四、眼震颤 Nystagmus.....	315
第五节 嗅觉和味觉 Smell and Taste.....	316
一、嗅觉器官 Smell organ.....	316
二、味觉器官 Taste organ.....	317
第六节 皮肤感觉 Skin Sensation.....	317
一、触压觉 Touch-pressure sensation.....	317
二、温度感觉 Thermal sensation.....	318
三、痛觉 Pain sensation.....	318
复习思考题.....	318
第十一章 内分泌 ENDOCRINE.....	319
第一节 激素 Hormone.....	320
一、激素的化学本质和分类 Structure classification of hormones.....	320
二、激素的递送方式 Delivery modes of hormones.....	320
三、激素作用的机制 Mechanisms of hormone action.....	321
四、激素作用的特征 Characters of hormone action.....	325
五、激素作用的调控 Control of hormone action.....	326
第二节 下丘脑和垂体 Hypothalamus and Pituitary Gland.....	328
一、垂体与下丘脑的联系 Hypothalamic-pituitary relationships.....	328
二、下丘脑内分泌神经元的分类及功能 Classification and function of the neuroendocrine neurons in hypothalamus.....	329
三、神经垂体及其与下丘脑的功能联系 Neurohypophysis and its relation to the hypothalamus.....	330
四、腺垂体及其与下丘脑的功能联系 Adenohypophysis and its relation to	

the hypothalamus.....	332
五、生长素 Growth hormone.....	334
六、催乳素 Prolactin.....	337
第三节 甲状腺 Thyroid Gland.....	338
一、碘代谢和甲状腺功能 Iodine metabolism and its relation to the thyroid gland.....	338
二、甲状腺激素的合成和分泌 Synthesis and secretion of thyroid hormones.....	339
三、甲状腺激素的生理作用 Physiological effects of the thyroid hormones.....	341
四、甲状腺功能的调节 Control of thyroid function.....	343
第四节 肾上腺髓质 Adrenal Medulla.....	345
一、髓质激素的分泌和代谢 Secretion and metabolism of adrenomedullary hormones.....	346
二、交感—肾上腺髓质系统和应急反应 Sympatho—adrenomedullary system and emergency reaction.....	346
第五节 肾上腺皮质 Adrenal Cortex.....	347
一、肾上腺皮质激素的生物合成和代谢 Synthesis and secretion of adrenocortical hormones.....	347
二、糖皮质激素的生理作用 Physiological effects of glucocorticoids.....	349
三、糖皮质激素分泌的调节 Regulation of glucocorticoids secretion.....	351
四、肾上腺雄激素 Adrenal androgens.....	353
五、盐皮质激素的生理作用及分泌调节 Physiological effects and secretion control of mineralocorticoids.....	354
第六节 胰腺内分泌 Endocrine Function of the Pancreas.....	354
一、胰岛素 Insulin.....	354
二、胰高血糖素 Glucagon.....	358
三、生长抑素与胰多肽 Somatostatin and pancreatic polypeptide.....	359
第七节 甲状旁腺激素、维生素 D ₃ 及降钙素 Parathyroid Hormone, Vitamin D ₃ and Calcitonin.....	359
一、甲状旁腺激素 Parathyroid hormone.....	360
二、维生素 D ₃ Vitamine D ₃	361
三、降钙素 Calcitonin.....	362
第八节 其他内分泌腺及激素 Other Endocrine Glands and Hormones.....	363
一、松果体 Pineal body.....	363
二、胸腺 Thymus gland.....	364
三、前列腺素 Prostaglandin.....	364
复习思考题.....	365
第十二章 生殖 Reproduction.....	366
第一节 男性生殖 Male Reproduction.....	366
一、睾丸的生精功能 Testicular spermatogenesis.....	366
二、睾丸的内分泌功能 Endocrine function of the testis.....	368

三、睾丸功能的调节 Regulation of testicular function.....	369
第二节 女性生殖 Female Reproduction.....	371
一、卵巢的生卵功能 Ovarian oogenesis.....	372
二、卵巢的内分泌功能 Endocrine function of ovary.....	373
三、月经周期及卵巢周期的调节 Menstruation and the control of ovarian cycle.....	377
四、妊娠 Pregnancy.....	378
复习思考题.....	379
常用英文专业名词缩略语表.....	382
主要参考书目.....	384
索引.....	385

第一章 绪论

INTRODUCTION

第一节 生理学简介

An Overview of Physiology

一、什么是生理学? What is Physiology?

生理学 (Physiology) 是一门研究机体生命活动现象和规律的科学, 它主要研究在正常状态下, 机体内各细胞、器官、系统的功能, 以及作为一个整体, 各部分之间的相互协调并与外界环境相适应过程的规律和机制。例如, 呼吸生理研究呼吸运动的正常过程, 它与血液循环、机体代谢等过程的相互作用, 以及内外环境中氧、二氧化碳变化时呼吸运动的适应性调节机制等。

医学生理学 (medical physiology) 是医学教育中的一门重要基础课程。它以人体为主要研究对象, 帮助学生了解并掌握正常人体内各种生命活动的过程、规律和机制。医学生理学是学习其他医学基础课 (如病理学、药理学等) 及临床医学的重要基础。

二、生理学的研究方法 Methods used in physiological study

很多生理机能可以在志愿者 (正常人或病人) 身上进行观察, 但大多数生理学知识来自动物实验。人与动物的某些细胞、器官在功能上有着相似的基本过程, 如兴奋在神经纤维上的传导、消化腺的分泌过程等, 这就使人们有可能在较广的范围内选择合适的动物标本来探究人体的某些生理现象, 避免了对人体的伤害。17世纪英国生理学家 William Harvey 就是通过动物实验和人体观察证明了血液循环的基本生命现象, 奠定了实验生理学的基础。动物实验为了解人体生理机能提供了大量可借鉴的资料, 但人和动物, 特别是与低等动物间存在着种种差异, 因此在将动物实验资料应用于人体时, 必须充分考虑到这些差别。

生理学作为一门实验性科学, 其研究方法多种多样, 并随着科学技术的发展而发展。动物实验通常可分为在体实验和离体实验两类。**在体** (in vivo) 实验是在完整的动物身上进行的, 可以是在麻醉状态下, 也可以是在清醒状态下进行。前者常称为**急性实验** (acute experiment), 后者由于可以在一段时间内, 在同一动物上多次、重复进行, 故称为**慢性实验** (chronic experiment)。**离体** (in vitro) 实验是将器官或细胞从体内分离出来, 在一定的实验条件下进行研究。在体实验较离体实验的结果更接近于生理状态, 但其条件不易控制, 结果分析较复杂, 对个别因素的作用和机制的深入了解往往受到一定限制。

人体的基本结构和功能单位是细胞, 不同细胞构成了不同的器官, 各种器官又相互联系组成了不同的功能系统, 各系统相互协调构成了一个统一的整体。因此, 生理学的研究又常被划分为数个水平, 如细胞及分子水平、器官及系统水平、整体水平。**细胞和分子水平**的研究是以

细胞和构成细胞的分子为研究对象，如细胞受刺激时细胞膜离子通道的变化、细胞内信息的转导、基因的表达等。**器官和系统水平**的研究主要研究各器官和系统的功能活动，及各种因素对它们的影响。**整体水平**的研究是以完整的机体为对象，研究不同生理条件下机体各部分的协调活动以及与外界环境相适应的规律和机制。将整体分解为细胞、分子进行分析，把分析的结果综合起来，只有将多种实验方法、多水平的研究结合起来，相互补充，才能全面、完整地掌握人体生理功能，揭开生命的奥秘。

第二节 生命活动的基本特征

Basic Properties of the Living Body

人体生命活动的基本特征主要有4个方面，即新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖。

一、新陈代谢 Metabolism

机体不断地从环境中摄取营养物质以合成为自身的物质（合成代谢），同时又不断地分解自身的物质（分解代谢），并将其分解产物排出体外。机体这种不断破坏和清除衰老的结构，重建新的结构的吐故纳新过程称为**新陈代谢**（metabolism）

物质的合成需要摄取和利用能量，而物质在分解过程中又会将蕴藏在化学键内的能量释放出来，作为机体各种生理活动的能量来源并维持体温。因此，新陈代谢包含着物质转变（物质代谢）和能量转换（能量代谢）两个密不可分的过程。

二、兴奋性 Excitability

机体所处的环境是经常在发生变化的，正常情况下，机体会对环境的变化作出适当的反应。生理学中常将能引起机体发生一定反应的内外环境条件的变化称为**刺激**（stimulus），而将刺激引起机体的变化称为**反应**（reaction）。

刺激引起反应必须具备三个条件，即足够的刺激强度、足够的刺激作用时间和适宜的强度—时间变化率（单位时间内刺激强度的变化幅度）。如果将刺激作用时间和强度—时间变化率固定不变，只改变刺激强度，则刚能引起组织细胞产生反应的最小刺激强度称为**阈强度**，简称**阈值**（threshold）。刺激强度低于阈值的刺激称为**阈下刺激**，刺激强度大于阈值的刺激称为**阈上刺激**。

组织细胞对刺激所产生的反应视组织细胞的不同而异，如肌肉表现为收缩、腺体表现为分泌、神经细胞表现为产生和传导冲动。但它们在上述表现之前都会产生一种共同的生物电反应，即产生动作电位（将在第二章中介绍），近代生理学将组织细胞对刺激产生动作电位的能力称为**兴奋性**（excitability）；将能对刺激产生动作电位的组织称为**可兴奋组织**；将组织细胞受刺激后产生动作电位称为**兴奋**（excitation）。

兴奋性是机体生命活动的基本特征之一，但不同组织细胞，或同一组织细胞在不同情况下，对刺激反应的能力并不相同，即组织细胞的兴奋性是一个变数。用什么来衡量组织细胞的兴奋性？最常用的指标就是上面提到的刺激的阈值。兴奋性高的组织细胞，对弱的刺激便能产生兴奋，即其刺激阈值较低；只对很强的刺激才产生兴奋的组织，表示其兴奋性较低，其刺激阈值

也高。简言之，组织细胞兴奋性的高低与阈值的大小呈反变关系，即

$$\text{兴奋性} \propto \frac{1}{\text{阈值}}$$

三、适应性 Adaptability

机体根据内外环境的变化而调整体内各部分活动和相互关系的功能称为**适应性** (adaptability)。适应可分行为适应性和生理性适应两种。

行为性适应常有躯体活动的改变。如在低温环境中机体会出现趋热活动；遇到伤害性刺激时会出现躲避活动。行为性适应在生物界普遍存在，属于本能性行为。

生理性适应是指身体内部的协调性反应。如在高原低氧环境中生活的人，血液中红细胞和血红蛋白会增加，以增强运输氧的能力；在强光照射下，瞳孔缩小以减少光线进入眼内对视网膜的损伤。

四、生殖 Reproduction

人体生长发育到一定阶段时，男性和女性两种个体中发育成熟的生殖细胞相结合时，可形成与自己相似的子代个体，这种功能称为**生殖** (reproduction)。生殖是人类得以繁衍后代，延续种系的基本生命特征（详见第十二章）。

第三节 内环境及其稳态

Internal Environment and Its Homeostasis

人体内的液体总称**体液** (body fluid)，体液总量约占体重的 60%，按其分布的部位不同可分为细胞内液和细胞外液两大类(表1-1)。细胞内的液体称为**细胞内液** (intracellular fluid)，约占体液的 2/3 (占体重的 40%)；**细胞外液** (extracellular fluid) 约占体液的 1/3 (占体重的 20%)，包括血浆、组织液、淋巴液和脑脊液。

表 1-1 人体内水分的分布

	成年男性	成年女性	新生儿
总体液	60	50	75
细胞内液	40	30	40
细胞外液	20	20	35
血浆	4	4	5
组织液	16	16	30

* 所有数值均以体重的百分数表示

人体内绝大多数细胞与外界环境没有直接接触，它们的直接生活环境是细胞外液，因此生理学中常将细胞外液称为**内环境** (internal environment)。内环境是相对于人体所处的外界环境而言的。

内环境是细胞直接生存的环境，内环境中各种理化因素（如渗透压、酸碱度、温度、各种

电解质及营养成分的浓度等)保持相对稳定,是细胞乃至整个机体维持正常生命活动的必要条件,生理学中通常将内环境理化性质维持在相对恒定的状态称为**稳态**(homeostasis)。

内环境的理化因素不是静止不变的,由于细胞新陈代谢不断地与内环境进行物质交换,如不断地从内环境中摄取氧和营养物质,并排出代谢尾产物,因此就不断地扰乱或破坏内环境稳态。外界环境因素的改变也会扰乱内环境,如气温的升高或降低可影响内环境的温度。内环境的理化因素如何保持相对稳定?实际情况是,机体各细胞、器官虽然不断地在扰乱和破坏内环境,同时又不断地从不同方面来维持内环境的稳态,例如呼吸器官通过呼吸运动补充O₂和排出CO₂、消化器官通过消化和吸收摄入营养成分、泌尿器官通过生成和排出尿,排出各种代谢尾产物,参与水、电解质及酸碱平衡的调节等。因此,内环境稳态的保持是一个复杂的生理过程,是一个不断破坏和不断恢复的过程,是一个动态的、相对的稳定状态。

当环境剧烈变化或疾病时,如果器官组织的代偿活动不能维持内环境稳态时,内环境的理化性质可发生较大的变化,整个机体的功能也将发生障碍,严重时可危及生命。例如肾功能衰竭时,由于代谢产物不能通过尿排出体外,可引起尿毒症。在人的一生中,稳态机制的效能是不同的,新生儿体内许多调节机制未完全发育,如尿浓缩的机制不如成人,因此不能很好耐受缺水;老年人稳态机制逐渐减退,他们对应激或温度变化的耐受弱于年青人。

内环境及稳态概念的由来与发展

早在1775年,英国的一个实验生理学家C. Blagden曾以自己的身体进行试验,观察到在空气干燥的条件下,人在120°C室温下停留15分钟,体温仍可保持稳定,而在此温度下,只需13分钟就可烤熟一盘牛肉。此后不久,另一名英国著名科学家J. Hunter也报告了他在不同情况下测量了鼠、鸡、蛇、鱼、蛙等动物的体温与外界温度变化有关系,指出高等动物在外界温度变动的情况下,具有完善的保持体温恒定的能力。这些研究正是内环境稳定思想的萌芽。

内环境(milieu interieur)概念的正式提出当推法国生理学家C. Bernard。1857年,他在一次讲座中指出:“有机体所表现的对外环境的独立性乃成于下述事实:在生物体内,组织实际上并不直接接受外界环境的作用,而是被一种真正的内环境所防护着,这个内环境主要由在体内循环的体液所组成”。Bernard在他最后的著作《普通生理学教程:动植物共同的生命现象》中进一步指出,“内环境的稳定是自由和独立生活的首要条件。”“所有的生命机制尽管多种多样,但只有一个目标,就是保持内环境中生活条件的稳定。”Bernard的这些精辟论述,一直被生理学界所传颂。

进入20世纪,随着实验生理学的发展,人们对内环境稳定的认识更趋明确。1929年,英国生理学家W. B. Cannon在其著名论文《生理稳态的组织》中指出:“外界环境的变化使生物体内部产生扰乱,正常情况下这种扰乱保持在很狭窄的范围内,因为系统内的自动调整装置表现出作用,防止了大的波动,……保持身体内大部分稳定状态协调的生理反应很复杂、很特殊,我建议用一个特殊的词来指出这种状态,这个词就是**稳态(homeostasis)**”。后来Cannon在其名著《身体的智慧》中再次明确了稳态的含义,“**稳态概念指的是一种状态,一种可变的,但又是相对恒定的一种状态**”。

对于内环境稳态是怎样实现的解释,19世纪中叶,控制论的创始人,著名数学家N. Wiener与生理学家A. S. Rosenbluth等合作作出了确切的回答,他们指出“**负反馈是稳态得以保持的基本要素**。”从而深化了人们对稳态的认识。

在现代生物学和医学中,稳态概念已被大大扩展,它不仅仅指血液、组织液等内环境的稳定状态。1963年在英国剑桥大学召开的一次关于稳态与反馈机制的生理学会议中,学者们一致认为“**在广义上,稳态包括了使有机体大多数稳定状态得以保持的那些协调的生理过程**。”“这一概念也能应用于细胞、器官系统、个体以及社会群众水平等不同的组织层次。稳态可以从几毫秒到几百万年。