

卫生部
规划教材

全国高等医药院校医学类专科起点本科学历教育（专升本）教材
供临床、预防、口腔、药学、检验、影像、护理等专业用

JANGUOGAODENGYIYAOYUANXIAOYIXUELÉIZHUANKEQIDIANBENKEXUELIJIAOYUZHUANSHENGBENJIAOCAI
GONGLINCHUANGYUFANGKOUQIANGYAOXUEJIANYANYINGXIANGHULIDENGZHUANYEYONG

生理学

主 编 吴博威
副主编 阎剑群



人民卫生出版社

全国高等医药院校医学类专科起点本科
学历教育（专升本）教材

供临床、预防、口腔、药学、检验、影像、护理等专业用

生 理 学

主 编 吴博威

副主编 阎剑群

编 者

范书铎（中国医科大学）

李玉荣（哈尔滨医科大学）

祁金顺（山西医科大学）

秦晓群（中南大学湘雅医学院）

孙庆伟（赣南医学院）

唐 明（华中科技大学同济医学院）

陶惠然（牡丹江医学院）

吴博威（山西医科大学）

阎剑群（西安交通大学医学院）

郑 煜（四川大学华西医学中心）

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学/吴博威 主编. —北京:
人民卫生出版社, 2001
ISBN 7-117-04377-6

I. 生… II. 吴… III. 人体生理学-成人教育:
高等教育-教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 045815 号

生 理 学

主 编: 吴 博 威

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 19.75

字 数: 451 千字

版 次: 2001年9月第1版 2004年8月第1版第3次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04377-6/R·4378

定 价: 23.50 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

出版说明

成人医学类专科起点本科学历教育(专升本)是我国医学教育重要组成部分,近年来发展非常迅速,为了提高“专升本”教育的质量、规范“专升本”课程设置与教材内容,使学生真正达到医学类本科水平并通过国家执业医师考试,卫生部教材办公室在充分听取有关学校教务处、教师意见的基础上,决定组织编写一套适应我国成人医学教育特点的“专升本”教材,并成立了全国高等医药院校医学类专科起点本科学历教育(专升本)规划教材编委会,从全国各高等医药院校上报的1000余名候选人中遴选、确定了有丰富“专升本”教学经验的专家教授作为教材的主编和编者。

本套教材共20种,供临床医学“专升本”学历教育使用,医学基础课程教材可与其他各相关专业共用。全套教材均由人民卫生出版社出版,于2001年秋供书。

“专升本”规划教材目录

- | | | | |
|---------------|--------------------|------------|--------------------|
| 1. 内科学 | 主 编 马爱群
副主编 李 岩 | 11. 人体解剖学 | 主 编 席焕久
副主编 曾志成 |
| 2. 外科学 | 主 编 戴显伟
副主编 彭承宏 | 12. 病理学 | 主 编 唐建武
副主编 吴伟康 |
| 3. 妇产科学 | 主 编 谢 幸
副主编 苟文丽 | 13. 生理学 | 主 编 吴博威
副主编 阎剑群 |
| 4. 儿科学 | 主 编 李文益 | 14. 药理学 | 主 编 姚明辉
副主编 张 力 |
| 5. 皮肤性病学 | 主 编 吴先林 | 15. 生物化学 | 主 编 查锡良 |
| 6. 医学心理学与精神病学 | 主 编 陈 力 | 16. 医学免疫学 | 主 编 龚非力 |
| 7. 医学影像学 | 主 编 冯敢生
副主编 白人驹 | 17. 病原生物学 | 主 编 曾庆仁
副主编 吴移谋 |
| 8. 神经病学 | 主 编 贾建平 | 18. 医学遗传学 | 主 编 傅松滨 |
| 9. 预防医学 | 主 编 黄子杰 | 19. 全科医学概论 | 主 编 梁万年 |
| 10. 诊断学 | 主 编 李定国
副主编 李 萍 | 20. 急诊医学 | 主 编 王佩燕 |

全国高等医药院校医学类专科起点本科学历教育 (专升本)规划教材编委会名单

- 主任委员:** 祁国明 (卫生部科技教育司司长)
张焕春 (卫生部教材办公室常务主任)
- 副主任委员:** 唐建武 (大连医科大学副校长)
夏泽民 (人民卫生出版社副总编)
沈继权 (华中科技大学同济医学院成人教育学院院长)
- 委 员:** 张 鹏 (复旦大学继续教育学院副院长)
张爱珍 (浙江大学成人教育学院副院长)
陈金华 (中山医科大学成人教育学院院长)
吴仁友 (上海第二医科大学成人教育学院副院长)
梁万年 (首都医科大学教务长)
沈 彬 (天津职工医学院院长)
廖端芳 (南华大学副校长)
张进顺 (张家口医学院副院长)
杨文亮 (新乡医学院基础部主任)
吴 坤 (哈尔滨医科大学教授)
张 苇 (卫生部教材办公室副编审)
- 秘 书:** 杨 晋 (卫生部教材办公室编辑)
刘 水 (卫生部教材办公室编辑)

序

卫生事业的改革与发展,关键是人才,人才的培养,关键在教育。全国高等医药院校开展的医学类专科起点本科学历教育(简称专升本)是提高我国卫生队伍整体素质的重要措施,也是落实科教兴国战略和《中共中央国务院关于卫生改革与发展的决定》的重要内容。到2010年,我国要在全中国建立起适应社会主义市场经济体制和人民群众健康需求的、比较完善的卫生服务体系,国民健康的主要指标在经济发达地区达到或接近世界中等发达国家的平均水平;在欠发达地区达到发展中国家的先进水平。要实现这一目标,发展医学教育和依靠科技进步就显得尤为重要。“专升本”教育,是我国医学教育的重要组成部分,是提高在职医务工作者业务素质和技术水平的重要途径。

2000年7月,卫生部科教司与卫生部教材办公室共同组织编写了一套全国成人高等医学学历(专科)教育教材(共38种),教材出版一年来,对全国各地的成人教育、教学起到了良好的示范作用,并受到教师与学生的欢迎。随着教育的不断深入和发展,编写一套高水平、适用面广、具有成人教育特点且规范的“专升本”教材就提上了议事日程。卫生部教材办公室经过一年多的调研和多次召开论证会,针对“专升本”的特点确定了本套教材的编写原则、框架、定位以及编写科目和内容,并在“三基”、“五性”的基础上进一步明确了“专升本”教材“宽、精、新”的特点。2001年4月初,这套教材(20本)的全体主编与编者又聚集北京,就如何编好“专升本”规划教材的问题进行了认真的研究和探讨,并一致认为有必要尽快编写出一套符合“专升本”教学特点、高质量的教材来供各校选用。

我相信,这套教材的出版,一定能够在全国医学学历(专升本)教育中发挥重要作用,我衷心祝愿这套教材出版成功!同时,我也希望广大的教师和学生在使用这套教材过程中,提出使之更加完善的意见和建议,以推进我国成人医学教育的发展及卫生事业的进步。

卫生部科教司司长



2001年6月

前 言

为了适应全国专科层次医务人员接受继续教育，提高学历层次的需求，卫生部教材办公室于2001年4月在北京召开了全国高等医药院校医学类专科起点本科学历教育（专升本）规划教材编写会。会议上明确了“专升本”教材编写的特色和定位，确定了19门教材的编写人和编写大纲。“专升本”《生理学》教材就是根据这次会议的精神组织编写的。

本教材的目标是使学生达到生理学本科水平，并为通过执业医师考试中的相关内容打下基础。为此，本教材编写的难度和深度与五年制本科教材相当，并涵盖了执业医师生理学考试大纲规定的全部内容。全书分为十二章，与五年制本科教材各章的内容相一致，但各章的篇幅都有一定的缩减。缩减的内容主要是专科教材中已经详述的部分。此外，本书还注意到生理学各领域近年来的新进展，并写入了较为成熟的内容；考虑到参加继续教育的人员大多都具有一定的临床经验，因而本教材中也略述了一些生理学与临床医学的结合点，便于学员对理论知识的理解和应用。本书中一小部分内容用楷体字印刷，这部分内容有两类：一类是对讲述内容的展开和延伸；另一类是超出生理学范围而跨入病理和临床的内容。学员可根据自己的需要和经验选择性地阅读。

本书在编写过程中得到了参编单位领导和各位专家教授的大力支持，在定稿期间得到了山西医科大学学校领导、继续教育学院和教研室教师的热情支持与协助，在此表示衷心感谢。

编写“专升本”生理学教材是一项新的探索性工作。尽管各位编者都非常努力，但由于时间紧迫，经验不足，无论从形式到内容都难免有不足或错误之处，加之我本人的阅历与水平有限，恳请广大师生在教学和学习过程中提出宝贵意见和建议，以便再版时修改，在此表示感谢。

吴博威
2001年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学的研究对象和任务	1
一、生理学的任务	1
二、生理学与医学的关系	1
三、生理学研究的三个水平	1
第二节 机体的内环境及其相对稳定性	2
第三节 生理功能的调节	3
一、神经调节	3
二、体液调节	3
三、自身调节	4
第四节 生理功能的控制	4
一、反馈控制系统	4
二、前馈控制系统	5
第二章 细胞的基本功能	6
第一节 细胞膜的结构和物质转运功能	6
一、膜的化学组成和分子结构	6
二、物质的跨膜转运	7
第二节 细胞的信号转导	14
一、G 蛋白耦联受体介导的信号转导	15
二、酶耦联受体介导的信号转导	18
三、离子通道受体介导的信号转导	20
第三节 细胞的生物电现象	20
一、细胞的静息电位及其产生机制	21
二、动作电位及其产生和传导	23
三、局部反应	30
四、组织的兴奋和兴奋性	30
第四节 肌细胞的收缩	31
一、骨骼肌的收缩	32
二、影响肌肉收缩效能的因素	36
三、平滑肌的收缩	40
第三章 血液	43
第一节 血液的组成和理化特性	43
一、血液的组成和血量	43
二、血液的理化特性和生理功能	43
三、血浆的主要成分及血浆蛋白的功能	44
第二节 血细胞	45

一、红细胞	45
二、白细胞	50
三、血小板	52
第三节 生理性止血	54
一、生理性止血的基本过程	54
二、血液凝固	54
三、抗凝与纤维蛋白溶解	57
第四节 血型与输血原则	59
一、红细胞血型	60
二、白细胞与血小板血型	63
三、输血的原则	63
第四章 血液循环	66
第一节 心脏的生物电活动	66
一、心肌细胞的跨膜电活动	66
二、心肌的电生理特性	71
三、心脏电活动的临床检测原理	78
第二节 心脏泵血的机械活动	80
一、心肌收缩的特点	81
二、心脏的泵血机制	81
三、心脏泵功能的评价	83
四、影响心输出量的因素及其对泵功能的调节	86
五、心音	89
第三节 血管生理	90
一、循环生理的流体力学基础	90
二、动脉血压和动脉脉搏	94
三、静脉血压和静脉回心血量	96
四、微循环	99
五、组织液的生成	101
六、淋巴液的生成和回流	102
第四节 心血管活动的调节	103
一、神经调节	103
二、体液调节	109
三、心脏和血管的自身调节	112
第五节 器官循环	113
一、冠脉循环	113
二、肺循环	114
三、脑循环	115
第五章 呼吸	117
第一节 肺通气	117
一、肺通气的结构基础及其功能特点	117
二、肺通气原理	119
三、肺容积和肺容量	124

四、肺通气量	125
第二节 肺换气和组织换气	126
一、肺换气和组织换气的原理	126
二、肺换气	127
三、组织换气	129
第三节 气体在血液中的运输	129
一、氧和二氧化碳在血液中存在的形式	129
二、氧的运输	130
三、二氧化碳的运输	133
第四节 呼吸运动的调节	135
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	135
二、呼吸的反射性调节	137
第六章 消化与吸收	142
第一节 概述	142
一、消化道平滑肌的生理特性	142
二、消化道的神经支配	143
三、消化腺的分泌功能	144
四、消化器官功能活动的激素调节	144
第二节 口腔内消化	145
一、唾液及其作用	145
二、咀嚼与吞咽	146
第三节 胃内消化	147
一、胃液的分泌	147
二、胃的运动及其控制	151
第四节 小肠内消化	153
一、胰液的分泌	153
二、胆汁的分泌和排出	155
三、小肠液的分泌	157
四、小肠的运动	157
第五节 大肠内的消化	159
一、大肠液的分泌	159
二、大肠的运动和排便	159
三、大肠内细菌的活动	160
第六节 吸收	160
一、吸收的过程概述	160
二、小肠的吸收	161
三、大肠的吸收	164
第七章 能量代谢与体温	166
第一节 能量代谢	166
一、机体能量的来源和转移	166
二、能量代谢测定的原理和方法	167
三、影响能量代谢的因素	169

四、基础代谢	170
第二节 体温及其调节	171
一、体温及其正常变动	172
二、机体的产热和散热	172
三、体温调节	175
第八章 尿的生成和排出	178
第一节 肾脏的功能解剖和肾血流量	178
一、肾脏的功能解剖	178
二、肾脏血液循环的特征	180
第二节 肾小球的滤过功能	181
一、滤过膜及其通透性	182
二、有效滤过压	183
三、影响肾小球滤过的因素	184
第三节 肾小管与集合管的转运功能	185
一、肾小管与集合管的重吸收功能	185
二、肾小管与集合管的分泌及排泄功能	188
第四节 尿液的浓缩和稀释	189
一、尿浓缩和稀释的机制	190
二、肾髓质高渗梯度的形成和保持	190
三、影响尿浓缩和稀释的因素	192
第五节 尿生成的调节	193
一、肾内自身调节	193
二、神经和体液调节	194
第六节 血浆清除率	198
一、血浆清除率的概念及测定	198
二、测定血浆清除率的意义	199
第七节 尿的排放	200
一、膀胱与尿道的神经支配	200
二、排尿反射	201
第九章 感觉器官的功能	203
第一节 感受器、感觉器官的一般生理	203
一、感受器、感觉器官的定义和分类	203
二、感受器的一般生理特性	203
第二节 视觉器官	205
一、眼的折光功能	206
二、视网膜的感光功能	210
三、视网膜的信息处理	213
四、瞳孔对光反射	213
第三节 听觉器官	214
一、人耳的听阈和听域	214
二、外耳和中耳的功能	214

三、内耳（耳蜗）的功能	215
四、听神经动作电位	218
第四节 前庭器官	219
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	219
二、前庭反应和眼震颤	220
第五节 嗅觉和味觉感受器	221
一、嗅觉感受器和嗅觉的一般性质	221
二、味觉感受器和味觉的一般性质	221
第十章 神经系统	223
第一节 神经元和神经纤维	223
一、神经元	223
二、神经纤维	224
第二节 神经元通讯和反射活动	227
一、神经元之间的信息传递	227
二、神经递质和受体	234
三、神经调节的基本方式——反射	238
第三节 神经系统的感觉分析功能	239
一、脊髓和脑干的感觉传导功能	239
二、丘脑及其感觉投射系统	240
三、大脑皮层的感觉代表区	241
四、痛觉	242
五、大脑皮层的电活动	246
六、觉醒和睡眠	248
第四节 神经系统对躯体运动的调节	249
一、脊髓对躯体运动的调节	249
二、脑干对肌紧张的调节	253
三、小脑的功能	254
四、基底神经节对躯体运动的调节	255
五、大脑皮层对躯体运动的调节	257
第五节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪反应的调节	258
一、自主神经系统的结构和功能特征	258
二、各级中枢对内脏活动的调节	260
三、本能行为和情绪反应的神经调节	261
第六节 脑的高级功能	262
一、学习和记忆	262
二、大脑皮层的语言中枢与一侧优势	266
第十一章 内分泌	268
第一节 概述	268
一、激素的分类	268
二、激素作用的一般特性	270
三、激素作用的机制	270
第二节 下丘脑与垂体	272

一、下丘脑的内分泌功能	273
二、腺垂体的激素	274
三、神经垂体激素	278
第三节 甲状腺	279
一、甲状腺激素的合成与代谢	279
二、甲状腺激素的生物学作用	281
三、甲状腺功能的调节	282
第四节 甲状旁腺激素、降钙素和维生素 D ₃	283
一、甲状旁腺激素	283
二、降钙素	284
三、1, 25-二羟维生素 D ₃	285
第五节 肾上腺	286
一、肾上腺皮质激素	286
二、肾上腺髓质激素	289
第六节 胰岛	290
一、胰岛素	290
二、胰高血糖素	292
第七节 松果体的激素与前列腺素	293
一、松果体的激素	293
二、前列腺素	294
第十二章 生殖	295
第一节 男性生殖	295
一、睾丸的功能	295
二、睾丸功能的调节	296
第二节 女性生殖	297
一、卵巢的功能	297
二、卵巢周期性活动的调节	298
三、妊娠	300

第一章 绪 论

第一节 生理学的研究对象和任务

一、生理学的任务

生理学 (physiology) 是生物科学的一个分支, 是以生物体的生命活动现象和功能为研究对象的一门科学。生理学的任务就是要研究不同的生理现象和功能的发生机制以及机体内环境变化对这些现象和功能的影响, 从而掌握机体各部分的功能活动互相协调、互相制约, 维持正常生命活动过程的规律。

二、生理学与医学的关系

生理学也是一门基础医学科学。人们必须在了解正常人体各个组成部分的功能的基础上, 才能理解在各种疾病情况下身体某个或某些部分发生的变化, 器官在疾病时发生的功能变化以及功能变化与形态变化之间的关系, 一个器官发生病变如何影响其他器官, 等等。实际上, 生理学的发展与医学的发展总是相互作用、密不可分的。所以, 对于医学生来说, 生理学是一门非常重要的基本理论课程。

三、生理学研究的三个水平

在研究生命现象的机制时, 需要从各个不同水平提出问题进行研究。根据研究的层次, 生理学研究基本可以分成三个水平。

一是关于生命现象的细胞和分子机制的研究。生理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, 每一器官的功能都与组成该器官的细胞的生理特性分不开, 例如, 肌肉的功能与肌细胞的生理特性分不开, 腺体的功能与腺细胞的生理特性分不开。然而, 细胞的生理特性又决定于构成细胞的各种物质的物理化学特性, 尤其是生物大分子的物理化学特性。例如心脏之所以能搏动, 是由于肌细胞中含有特殊的蛋白质, 这些蛋白质分子具有一定的结合排列方式, 在离子浓度的变化和酶的作用下排列方式发生变化, 从而发生收缩或舒张的活动。因此, 对心脏功能的研究需要在肌细胞和生物大分子的水平上进行。这类研究的对象是细胞和它所含的物质分子, 可称为细胞和分子水平的研究。这方面的知识称为普通生理学 (general physiology) 或细胞生理学 (cell physiology)。

二是关于机体内各器官和系统的功能的研究。这方面的研究着重于阐明器官和系统的功能及其影响因素。例如, 血液循环系统生理功能的研究, 需要阐明心脏各部分如何协同活动、心脏如何射血、血管内血液流动的规律、心血管活动如何调节等。这类研究要对完整的心脏、血管和循环系统进行观察, 是以器官和系统作为研究对象的, 称为器

官和系统水平的研究。这方面的知识称为器官和系统生理学。

三是关于机体内各器官、系统的相互联系和相互作用，以及机体与环境之间相互作用的研究。由于人体生理学的研究对象是人体，人体的生理活动并不等于心、肺、肾等器官生理功能的简单总和，而是在各种生理功能之间体现着彼此相互联系、相互制约的完整而协调的过程。人的生理活动还具有个体的特点，并且随着个体生活条件的变异而不断变化发展着。机体内的这种联系制约、变化发展的规律也是需要加以研究的。在这里，研究的对象是整个机体，可称为整体水平的研究。

要全面地理解某一生理功能的机制，必须从细胞和分子、器官和系统、以及整体三个水平进行研究。

第二节 机体的内环境及其相对稳定性

成人身体重量约 60% 来自液体。体内的液体按其分布可分为两大类：约 2/3 的液体（约占体重的 40%）分布在细胞内，称为细胞内液（intracellular fluid）；其余 1/3 的液体（约占体重的 20%）分布在细胞外，称为细胞外液（extracellular fluid）。细胞外液中，约 1/4（约占体重的 5%）分布在心血管系统内，也就是血浆；其余的 3/4（约占体重的 15%）分布在心血管系统之外，即全身的各种组织间隙中，称为组织液（interstitial fluid）。人体的细胞一般不能直接与外界环境发生接触；细胞直接接触的环境是细胞外液。所以，细胞外液也称为机体的内环境（internal environment）。细胞外液和细胞内液的成分有很大差别。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物质交换：从细胞外液摄取氧和其他营养物质，同时将二氧化碳和其他代谢产物排入细胞外液。细胞外液在体内不断地流动：血浆与血细胞一起构成血液，在心血管系统内较快地循环；组织液则通过毛细血管壁以滤过、重吸收及扩散的方式与血浆发生物质交换。

生理学中一个十分重要的概念是内环境的稳态（homeo-stasis），它是指内环境的各项物理、化学因素都保持相对稳定。在高等动物，内环境的稳态是细胞维持正常生理功能的必需条件，也是机体维持正常生命活动的必要条件。内环境的稳态，并不是说内环境的理化因素是静止不变的。实际上，由于细胞不断进行代谢，就不断与内环境发生物质交换，也就不不断地扰乱或破坏内环境的稳态；外界环境因素的改变也可影响内环境的稳态。所以，机体的生命活动是在内环境稳态的不断破坏与恢复过程中进行的。体内各个器官、组织的功能往往都是从某个方面参与维持内环境的稳态的。例如肺的呼吸活动可补充细胞代谢消耗的 O_2 ，排出代谢产生的 CO_2 ，维持细胞外液中 O_2 和 CO_2 分压的稳态；胃肠道的消化、吸收可补充细胞代谢所消耗的各种营养物质，肾的排泄功能将各种代谢产物排出体外，从而使细胞外液中各种营养物质和代谢产物的浓度维持相对稳定。总之，内环境的稳态是细胞、器官维持正常生存和活动的必要条件；同时，各种细胞、器官的活动又能维持内环境的稳态。在以后的各章中可以看到，生理学的大量内容都是关于各个器官、细胞是如何在维持内环境稳态中起作用的。要了解细胞内环境理化性质是否正常，临床上常通过检测血浆的理化性质进行判定。细胞外液的各种成分，例如

O₂ 和 CO₂ 的分压、pH、各种离子和葡萄糖浓度等，在正常生理状态下都保持在一定的水平，其变动范围很小，超出一定的范围，就可能引起疾病；反过来，在疾病情况下，细胞外液的某些成分会发生变化，超出正常的变化范围，这时机体许多器官可发生代偿性的活动改变，使内环境的各种成分重新恢复正常；如果器官、细胞的功能活动不能使内环境的各种成分恢复正常，则内环境可进一步偏离正常，使细胞和整个机体的功能发生严重障碍，甚至死亡。

第三节 生理功能的调节

在机体处于不同的生理情况时，或当外界环境发生改变时，体内一些器官、组织的功能活动会发生相应的改变，最后使机体能适应各种不同的生理情况和外界环境的变化，也可使被扰乱的内环境重新得到恢复。这种过程称为生理功能的调节 (regulation)。机体对各种功能活动的调节方式主要有三种，即神经调节 (neuroregulation)、体液调节 (humoral regulation) 和自身调节 (autoregulation)。

一、神经调节

机体的许多生理功能是由神经系统的活动来进行调节的。神经系统活动的基本过程是反射 (reflex)，反射的结构基础是反射弧 (reflex arc)。反射弧由五个基本成分组成，即感受器、传入神经纤维、神经中枢、传出神经纤维和效应器。感受器能够感受体内某部位或外界环境的变化，并将这种变化转变成一定的神经信号，通过传入神经纤维传至相应的神经中枢，中枢对传入信号进行分析，并作出反应，通过传出神经纤维改变效应器的活动。例如，在生理状态下动脉血压保持相对稳定，当动脉血压高于正常时，分布在主动脉弓和颈动脉窦的动脉压力感受器能感受血压的变化，并转变为神经冲动，后者通过传入神经纤维到达延髓的心血管中枢；心血管中枢对传入的神经信号进行分析，然后通过迷走神经和交感神经传出纤维，改变心脏和血管的活动，最后使动脉血压回降，这个反射称为动脉压力感受性反射，对于维持动脉血压的稳态起着重要的作用。在以后的各章中，还会具体讲述神经系统对机体某种生理功能的调节过程。

二、体液调节

体液调节是指机体的某些细胞能生成并分泌某些特殊的化学物质，借助于血液循环的运输，到达全身的组织细胞或体内某些特殊的组织细胞，通过作用于细胞上相应的受体，对这些组织细胞的活动进行调节。体内有多种内分泌腺细胞，能分泌各种激素 (hormone)，激素由血液运输至全身，调节细胞的活动。例如，胰岛 B 细胞分泌的胰岛素能调节细胞的糖代谢，促进细胞对葡萄糖的摄取和利用，在维持血糖浓度稳定中起重要作用。有一些激素可不经血液运输，而是经由组织液扩散作用于邻近的细胞，调节这些细胞的活动。这种调节是局部性的体液调节，称为旁分泌 (paracrine) 调节。另外，下丘脑内有一些神经细胞也能合成激素，激素随神经轴突的轴浆流至末梢，由末梢释放入血，这种方式称为神经分泌 (neurosecretion)。除激素外，体内有些物质，包括某些代谢产物，对有些细胞、器官的功能也能起调节作用。

神经调节的特点是比较迅速而准确，体液调节的特点是缓慢持久而弥散，二者相互配合使生理功能调节更趋完善。

三、自身调节

许多组织、细胞自身也能对周围环境变化发生适应性的反应，这种反应是组织、细胞本身的生理特性，并不依赖于外来的神经或体液因素的作用，所以称为自身调节，例如，血管壁的平滑肌在受到牵拉刺激时，会发生收缩反应。当小动脉的灌注压力升高时，对血管壁的牵张刺激增加，小动脉的血管平滑肌就收缩，使小动脉的口径缩小，因此当小动脉的灌注压力升高时，其血流量不致增大。这种自身调节对于维持组织局部血流量的相对恒定起一定的作用。

第四节 生理功能的控制

人体内存在着各种各样的控制系统。在一个细胞内也存在着许多极其精细复杂的控制系统，从细胞和分子的水平上对细胞的各种功能进行调节。任何控制系统都由控制部分和受控部分组成。从控制论的观点来分析，控制系统可分为非自动控制系统、反馈控制系统和前馈控制系统三大类。由于人体内几乎不存在非自动控制系统，所以本节仅讨论反馈控制系统与前馈控制系统。

一、反馈控制系统

反馈控制系统是一个闭环系统，即控制部分发出信号指示受控部分发生活动，受控部分则发出反馈信号返回到控制部分，使控制部分能根据反馈信号来改变自己的活动，从而对受控部分的活动进行调节。在反馈控制系统中，反馈信号对控制部分的活动可发生不同的影响。在正常人体内，大多数情况下反馈信号能制约控制部分的活动，即负反馈（negative feedback）；在少数情况下反馈信号能促进控制部分的活动，为正反馈（positive feedback）。

（一）负反馈控制系统

一个处于平衡或稳定状态的系统，如果因某种外界因素使该系统的受控部分活动增强，则该系统原先的平衡或稳定状态遭受破坏。在存在负反馈控制机制的情况下，如果受控部分的活动增加，可经反馈信号使受控部分活动减弱，向原先的平衡状态的方向转变，甚至完全恢复原先的平衡状态；反之，如果受控部分活动过低，也可通过反馈机制使其活动增强，结果也是向原先平衡状态的方向恢复。所以，负反馈控制系统的反馈信号总是制约受控部分的活动使系统保持稳定。机体内环境之所以能维持稳态，就是因为有许多负反馈控制系统的存在而发挥作用。例如，细胞外液中的 O_2 和 CO_2 通过肺部呼吸与外界大气发生交换，而呼吸运动是由脑内呼吸中枢控制的，当细胞外液中 O_2 分压稍有降低或 CO_2 分压稍有升高时，这些信息就能很快反馈到呼吸中枢，使呼吸运动加深加快，从而增加肺部气体的交换，使细胞外液的 O_2 和 CO_2 分压向正常水平恢复。在前文中叙述的动脉压力感受性反射也是一个负反馈控制的典型例子。

（二）正反馈控制系统