

全国高等医药教材建设研究会·卫生部规划教材

全国高等医药院校教材

供护理学类专业用

生理学

主编 樊小力



人民卫生出版社

中国医药出版社 中国医药出版社 中国医药出版社

中国医药出版社 中国医药出版社

中国医药出版社 中国医药出版社

生 理 学

主编 顾中一



人民卫生出版社

全国高等医药院校教材

供护理学类专业用

生 理 学

主 编 樊 小 力

副主编 杜 友 爱

朱大年（复旦大学上

陈连璧（山东大学

杜友爱（温州医

韩 丹（武汉大学医学

樊小力（西安交通大学医学院）

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学/樊小力主编. —北京:
人民卫生出版社, 2002
ISBN 7-117-04867-0

I. 生... II. 樊... III. 人体生理学 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 031665 号

生 理 学

主 编: 樊 小 力

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: 山东文登市新华彩印有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21.5

字 数: 494 千字

版 次: 2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04867-0/R · 4868

定 价: 23.50 元

版权所有, 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)

全国高等医药院校护理学专业 第三轮卫生部规划教材出版说明

为适应我国高等护理学教育改革和发展的需要,经卫生部护理学专业教材评审委员会审议,全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室决定从2001年开始对第二轮规划教材进行修订。在总结第二轮教材质量和使用情况的基础上,提出第三轮教材的编写要紧密围绕培养目标,突出护理学专业特色,淡化学科意识,注重整体优化,反映教改成果,促进专业建设,特别要注意培养学生的综合素质和创新能力。鉴于护理学专业本科教育的现状和发展趋势,护理学专业已形成较完整的体系,十分有必要编写一套包括医学基础课程和专业课程在内的护理学专业本科系列教材。经研究确定第三轮教材共26种,包括医学基础课程和护理学专业课程。其中有4种与专科共用(已出版);2种暂不修订(《护理管理学》、《护理心理学》);根据大家的意见和教学中的实际情况,确定将原《护理学导论》与《护理学基础》合并为《护理学基础》,原《病原生物学》更名为《医学微生物学与寄生虫学》。

第三轮教材目录

1. 人体形态学	主编 项 涛	副主编 周瑞祥
2. 生物化学	主编 崔 行	副主编 廖淑梅
3. 生理学	主编 樊小力	副主编 杜友爱
4. 医学微生物学与寄生虫学	主编 刘晶星	副主编 沈继龙
5. 医学免疫学	主编 孙汶生	副主编 王福庆
6. 病理学	主编 步 宏	副主编 杨惠玲
7. 药理学	主编 娄建石	副主编 杨宝峰
8. 预防医学	主编 朱启星	副主编 吴小南
9. 健康评估	主编 吕探云	副主编 李思进
10. 护理学基础(第三版)	主编 殷 磊	副主编 于艳秋
11. 护理教育学	主编 李小妹	
12. 护理研究(第二版)	主编 肖顺贞	副主编 胡 燕
13. 内科护理学(第三版)	主编 尤黎明	副主编 孙国珍 袁 丽
14. 外科护理学(第三版)	主编 曹伟新	副主编 李乐之
15. 妇产科护理学(第三版)	主编 郑修霞	副主编 夏海鸥
16. 儿科护理学(第三版)	主编 崔 焱	副主编 王淑兰
17. 中医护理学	主编 刘革新	
18. 眼耳鼻咽喉口腔科护理学	主编 任 重	
19. 精神科护理学	主编 李凌江	
20. 康复护理学	主编 姜贵云	
21. 护理管理学	主编 杨英华	副主编 李继坪
22. 护理心理学	主编 戴晓阳	副主编 佟术艳
23. 临床营养学(与专科共用,已出版)	主编 张爱珍	
24. 老年护理学(与专科共用,已出版)	主编 殷 磊	
25. 急救护理学(与专科共用,已出版)	主编 周秀华	
26. 社区护理(与专科共用,已出版)	主编 李继坪	

前 言

为适应高等医学教育发展形势的需要,2001年5月卫生部教材办公室在广州召开了第三轮护理学专业各规划教材主编工作会议,会议就新一版教材如何适应新世纪对高等医学人才的要求,体现医学教育在教育思想、教学内容和教学方法等方面的改革成果等问题进行了认真的讨论,明确了编写新一版教材的指导思想和编写原则。根据这次会议的精神和要求,《生理学》第一版的编写人员于2001年7月在西安召开了编写会,着重讨论了贯彻和落实专业培养目标,在加强基础理论、基本知识和基本技能的同时,注意理论联系实际,联系临床。并注意教材的思想性、科学性、先进性、启发性和适用性。这本教材的对象是我国护理学专业的本科生,因此教材的内容必须突出护理学专业的特色,适应护理学专业的教学需要,而不强调生理学学科内容的系统性和完整性。在编写过程中,除参照高等医药院校本科教材及国家医师资格考试大纲外,编者还根据各自编写的内容参考了国内外若干著名生理学教材的最新版本。本书的编者均为长期在教学第一线的教师,对教学内容以及授课对象情况较为熟悉,有利于教与学的有的放矢。在编写过程中力求深入浅出,重点突出,概念明确,同时也述及了某些领域的新进展。为了帮助学生掌握各章的重点、难点内容,我们在每章正文前增列了“要点”,便于学生复习和自学。

本书生理学名词均以全国自然科学名词审定委员会公布的名词为准,计量单位根据现行国家标准,使用法定计量单位。

在本书的编写过程中,得到了许多院校、同仁的支持和帮助,我十分感谢武汉大学医学院韩丹教授和西安交通大学医学院吴苏娣老师对本书索引的编辑工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于本人水平有限,加之编写校审仓促,书中难免存在错误和缺点,恳请使用本教材的广大师生和读者批评指正,不吝赐教,以便于修订。

樊小力

2002年2月于西安

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学的任务、研究内容及方法	1
一、生理学的任务	1
二、生理学的研究内容和方法	1
第二节 生命的基本表现	3
一、新陈代谢	3
二、兴奋性	3
第三节 人体生理功能的调节	4
一、人体生理功能的调节方式	4
二、人体生理功能调节的自动控制	5
第二章 细胞的基本功能	8
第一节 细胞膜的物质转运功能	8
一、细胞膜的分子结构	9
二、细胞膜的物质转运功能	10
第二节 细胞的跨膜信号转导功能	15
一、由特异性膜通道完成的跨膜信号转导	15
二、由 G-蛋白耦联受体完成的跨膜信号转导	16
三、由酪氨酸激酶受体完成的跨膜信号转导	17
第三节 细胞的兴奋性和生物电现象	18
一、细胞的兴奋性	18
二、细胞的生物电现象及其产生机制	19
三、兴奋的引起和传导	22
第四节 肌细胞的收缩功能	26
一、神经-骨骼肌接头处的兴奋传递	26
二、骨骼肌的微细结构和收缩原理	28
三、肌肉收缩的外部表现和力学分析	32
第三章 血液	37
第一节 概述	37
一、体液和内环境	37
二、血液的基本组成和血量	38
三、血浆的化学成分	39
四、血液的理化特性	40

五、血液的生理功能	42
第二节 血细胞生理	43
一、红细胞生理	43
二、白细胞生理	47
三、血小板生理	50
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	52
一、血液凝固	52
二、抗凝和促凝	55
三、纤维蛋白溶解与抗纤溶	56
第四节 血型与输血	58
一、血型与红细胞凝集	58
二、红细胞血型	58
三、输血的原则	62
 第四章 血液循环	 63
第一节 心脏生理	63
一、心脏的泵血功能	64
二、心肌的生物电现象和生理特性	71
第二节 血管生理	81
一、各类血管的功能特点	81
二、血流量、血流阻力和血压	82
三、动脉血压和动脉脉搏	83
四、静脉血压和静脉回心血量	87
五、微循环	89
六、组织液的生成及其影响因素	92
七、淋巴液的生成和回流	94
第三节 心血管活动的调节	95
一、神经调节	95
二、体液调节	102
三、局部血流调节	104
四、动脉血压的长期调节	105
第四节 器官循环	106
一、冠脉循环	106
二、肺循环	108
三、脑循环	109
 第五章 呼吸	 111
第一节 肺通气	112
一、肺通气原理	112
二、肺通气功能的评定	118
第二节 呼吸气体的交换	120

一、气体交换原理	120
二、肺换气	121
三、组织换气	123
第三节 气体在血液中的运输	123
一、氧的运输	124
二、二氧化碳的运输	126
第四节 呼吸运动的调节	128
一、呼吸中枢与呼吸节律的形成	128
二、呼吸运动的反射性调节	130
三、周期性呼吸	134
第六章 消化和吸收	136
第一节 概述	136
一、消化道平滑肌的特性	137
二、消化腺的分泌功能	138
三、胃肠的神经支配	139
四、消化道的内分泌功能	139
第二节 口腔内消化	140
一、唾液及其作用	140
二、咀嚼	141
三、吞咽	141
四、食管上括约肌和食管下括约肌的作用	141
第三节 胃内消化	142
一、胃液的分泌	142
二、胃的运动	146
第四节 小肠内消化	147
一、胰液的分泌	147
二、胆汁的分泌和排出	150
三、小肠液的分泌	151
四、小肠的运动	152
第五节 大肠内消化	153
一、大肠液的分泌	153
二、大肠的运动和排便	153
第六节 吸收	154
一、吸收过程概述	154
二、小肠内主要营养物质的吸收	155
第七章 能量代谢和体温	158
第一节 能量代谢	158
一、人体能量的来源和去路	158
二、能量代谢的测定	160

三、影响能量代谢的主要因素	165
四、基础代谢	166
第二节 体温及其调节	167
一、体温	167
二、机体的产热与散热	169
三、体温调节	172
第八章 尿的生成和排出	175
第一节 肾的功能解剖和血流量	175
一、肾的功能解剖	175
二、肾血流量及其调节	178
第二节 肾小球滤过功能	179
一、滤过膜及其通透性	179
二、有效滤过压	180
三、影响肾小球滤过的因素	181
第三节 肾小管与集合管的物质转运功能	182
一、肾小管与集合管的转运方式	182
二、近端小管中的物质转运	183
三、髓袢中的物质转运	186
四、远端小管和集合管中的物质转运	187
第四节 尿液的浓缩和稀释	189
一、尿液的稀释	189
二、尿液的浓缩	189
三、直小血管在维持肾髓质高渗中的作用	192
第五节 尿生成的调节	182
一、体液调节	192
二、肾内自身调节	196
三、肾交感神经的作用	197
第六节 清除率	198
一、清除率的概念和计算方法	198
二、测定清除率的理论意义	198
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 感受器及其一般生理特性	203
一、感受器的定义和分类	203
二、感受器的一般生理特性	204
第二节 眼的视觉功能	205
一、眼的折光系统	206

二、眼的感光换能系统	210
三、与视觉有关的若干生理现象	216
第三节 耳的听觉功能	218
一、耳的传音系统	219
二、耳的感音换能系统	220
三、与听觉有关的若干生理现象	223
第四节 前庭器官的平衡感觉功能	224
一、平衡觉感受细胞	224
二、前庭器官的适宜刺激	225
三、前庭反应	226
第五节 其他感受器的功能	228
一、鼻的嗅觉功能	228
二、舌的味觉功能	228
三、皮肤的感觉功能	228
第十章 神经系统的功能	230
第一节 神经元与神经胶质细胞的一般功能	231
一、神经元	231
二、神经胶质细胞	233
第二节 突触传递和神经反射	234
一、突触传递	234
二、神经递质和受体	238
三、神经反射	246
第三节 神经系统的感觉分析功能	250
一、躯体感觉的中枢分析	250
二、内脏感觉的中枢分析	256
三、特殊感觉的中枢分析	258
第四节 觉醒、睡眠与脑电活动	259
一、脑电活动	259
二、觉醒与睡眠	262
第五节 神经系统对姿势和运动的调节	263
一、运动传出的最后公路	263
二、姿势的中枢调节	264
三、躯体运动的中枢调节	269
第六节 神经系统对内脏活动、本能行为和情绪的调节	273
一、自主神经系统的功能	273
二、内脏活动的中枢调节	276
三、本能行为和情绪的神经调节	278
第七节 脑的高级功能	280
一、学习与记忆	280
二、两侧大脑皮层功能的相关	284
三、大脑皮层的语言中枢	284

四、大脑皮层功能的一侧优势	285
第十一章 内分泌	286
第一节 概述	286
一、激素的分类	287
二、激素作用的一般特性	288
三、激素作用的机制	289
第二节 下丘脑与垂体的内分泌	291
一、下丘脑调节肽	292
二、腺垂体激素	293
三、神经垂体激素	295
第三节 甲状腺的内分泌	296
一、甲状腺激素的合成与代谢	297
二、甲状腺激素的生物学作用	298
三、甲状腺功能的调节	299
第四节 甲状旁腺及调节钙、磷代谢的激素	301
一、甲状旁腺激素	301
二、降钙素及 1,25 -二羟维生素 D ₃	301
第五节 肾上腺的内分泌	302
一、肾上腺皮质激素	302
二、肾上腺髓质激素	305
第六节 胰岛的内分泌	306
一、胰岛素	306
二、胰高血糖素	307
第七节 松果体的激素和前列腺素	308
一、褪黑素	308
二、肽类激素	308
三、前列腺素	308
第十二章 生殖	310
第一节 男性生殖	310
一、睾丸的生精作用	310
二、睾丸的内分泌功能	310
三、睾丸功能的调节	311
第二节 女性生殖	312
一、卵巢的生卵作用	312
二、卵巢的内分泌功能	312
三、卵巢功能的调节	313
四、月经周期	313
五、妊娠	315
索引	316

第一章 绪 论

要点：①各种生物机体的生命现象至少包括两种基本活动，即新陈代谢与兴奋性。②当环境发生变化时，生物机体内部的代谢及外表活动将发生相应改变，这种改变称为反应，反应的形式有兴奋和抑制。③能引起生物机体发生反应的各种内外环境变化称为刺激，可兴奋组织对刺激发生兴奋的能力或特性，亦即产生动作电位的能力称为兴奋性。④人体生理功能的调节有神经调节、体液调节和自身调节三种方式，它们对生理功能进行自动而精确的调节。⑤机体的调节系统是一个由闭合回路组成的自动控制系统，可通过反馈作用调节自身的生理功能活动，负反馈调节在维持机体各种生理功能活动的相对稳定中起着重要的作用，正反馈可保证某些生理功能的完成。

第一节 生理学的任务、研究内容及方法

一、生理学的任务

生理学 (physiology) 是生物科学的一个分支，是研究生物机体的生命活动规律的科学。根据研究对象的不同，生理学可分为动物生理学、植物生理学及人体生理学等。人体生理学是一门重要的基础医学科学，其主要任务是研究正常人体及其各组成系统、器官在正常情况下所表现出的各种生命现象或生理作用。例如，血液循环，呼吸、消化、排泄、肌肉运动、生殖等功能活动。人体生理学的研究任务就是要阐明这些生命活动的过程、产生的机制以及机体内环境变化对它们的影响。我们学习生理学的目的就是掌握正常人体生命活动的基本规律，为学习其他学科以及在医疗和护理实践中促进病人的身体康复、有效地防治各种危害人体健康的疾病，为人类延年益寿奠定必要的理论基础。

二、生理学的研究内容和方法

(一) 研究内容

人体的结构和功能十分复杂，在研究生命现象的机制时，必须从不同角度进行探讨。由于完整机体是由各种器官和系统组成的，而各器官和系统又是由各种组织和细胞所组成，因此生理学的研究内容大致可以分成三个不同的水平：

1. 整体水平 研究在整体情况下，体内各个器官、系统之间的相互联系和相互影响，以及完整机体与环境之间的相互作用。例如，人类在劳动、运动、高空飞行、潜水等条件下，机体生理功能的变化，以及体内各器官、系统之间互相联系、互相协调的规律。

2. 器官和系统水平 研究各器官及系统的功能及其调节机制，从而阐明各器官及

系统的活动规律以及它们在整体生理功能中所起的作用等。例如，要了解循环系统中心脏如何射血、血液在血管系统中流动的规律以及神经、体液因素对心脏和血管活动的影响等，就要以心脏和血管为对象进行研究。器官和系统水平的研究十分重要，在临床医疗实践中，医生对各种疾病的认识也是以器官和系统的正常生理知识为基础的。

3. 细胞和分子水平 体内每个器官的功能都是由构成该器官的各种细胞的生理特性决定的，而每个细胞的生理特性又是由构成该细胞的各个分子，特别是生物大分子的物理学和化学特性决定的。例如，肌肉的收缩功能是由肌细胞的生理特性决定的，而肌细胞的收缩是由肌细胞内某些特殊的蛋白质分子（如肌凝蛋白和肌纤蛋白分子等）在 Ca^{2+} 浓度改变和 ATP 分解供能的情况下发生的（见第二章）。因此，研究一个器官的功能往往要在细胞和分子水平上进行。

近年来，随着分子生物学的发展，生理学的研究也愈来愈多地应用分子生物学的理论和技术来分析和认识细胞的功能和调节。应当明确的是，不能简单地把在离体实验中对某一细胞的研究所得到的结果直接用来推测或解释该细胞在完整机体中的功能或所起的作用。因为在完整机体内，细胞所处的环境远比离体实验时复杂得多，因此，在分析研究结果时，必须考虑到细胞在体内所处的环境条件。

上述三个水平的研究，对了解生命活动的规律都是必需的，其研究内容既有联系又有区别。要阐明某一生理功能的机制，一般需要对细胞和分子、器官和系统以及整体等三个水平的研究结果进行分析和综合，得出比较全面的结论。

（二）研究方法

生理学是一门实验性科学。研究生命活动的规律必然要以活着的机体、器官或细胞进行实验。生理学的某些研究也可在不损害人体健康的前提下在人体上直接进行观察，但更多的是利用动物实验获得的生理知识来探讨人体的某些生理功能。动物实验分为慢性实验与急性实验两大类。

1. 慢性实验 是以完整、清醒的动物为研究对象，观察和分析在各种环境条件下和机体生理条件下各器官、系统的活动及其机制。实验前，有时需要对动物进行无菌外科手术，把所要观察的器官暴露出来，待动物手术康复后，观察欲研究器官的某些功能；也可以摘除、破坏某一器官，观察摘除或破坏后所引起的功能紊乱等。慢性实验方法的优点是便于观察某一器官在正常情况下的生理功能及其与整体的关系。例如，用巴甫洛夫（Павлов）小胃研究神经系统对胃液分泌的调节就是一种慢性动物实验。

2. 急性实验 又可分为在体实验与离体实验两种方法。

（1）在体实验：在麻醉条件下对动物进行手术，暴露出要观察的器官并进行实验。一般须对实验条件严格控制，即在保持多数因素不变的情况下，观察改变某一因素对该器官活动的影响。这种方法的优点是，有利于观察分析某一器官活动的过程和特点，为进一步全面了解整体功能提供依据。

（2）离体实验：从活着的或刚被处死的动物体内取出某一器官、组织或分离某种细胞，将它们置于一个类似于体内的人工环境中，在一定时间内保持其正常的生理功能，观察它们的功能活动及影响因素。这种方法的优点是，可以严格控制细胞的环境条件，排除无关因素的干扰，使实验条件简单化，便于分析有关因素对离体器官、组织或细胞的功能影响。但必须注意，离体实验的结果是在一定条件下获得的，不能简单地把这类

实验的结果直接用来推论或解释该种细胞在完整机体中的功能。

近年来，随着科学技术的发展，我们可以应用遥控、遥测技术，体表无创伤检测技术等，对动物或人体进行各种无创伤性生理功能的研究，从而使生理学的研究日益深入，生理学的理论不断得到新的发展。

应当指出，生理学知识大部分是从动物实验中获得的，但是，在应用这些生理学知识时，务必要考虑到人和动物之间的差别，不可简单地将动物实验结果套用于人体。同时也应当注意到急性实验和慢性实验所得的结果是有差别的，在解释实验结果时，不能将特定条件下所获得的资料推论为普遍规律。要用辩证唯物主义的理论来指导我们观察问题、分析问题，全面地分析综合所得出的实验结果，才能对人体的生理功能得出正确的认识。

第二节 生命的基本表现

通过对各种生物体，包括对单细胞生物体乃至高等动物基本生命活动的观察和研究，发现生命现象至少包括两种基本活动，这就是新陈代谢与兴奋性。因为它们都是活的生物体所特有的，因此可以认为是生命的基本表现。

一、新 陈 代 谢

机体在适宜的环境中，总是不断地重新建造自身的特殊结构，同时又在不断地破坏自身已衰老的结构，这个过程称为**新陈代谢**（metabolism）。它包括同化作用和异化作用两个方面。同化作用即合成代谢，是指机体从外界环境中摄取各种营养物质，并将其合成、转化为机体自身物质的过程；异化作用又称分解代谢，是指机体把自身的物质分解，同时释放能量以供机体生命活动的需要，并把分解后的终产物排出体外的过程。一般当物质分解时总伴有能量的释放，而物质的合成则必须供给能量。因此，在新陈代谢过程中，既有物质代谢又有能量代谢，机体只有在不断地与环境进行物质与能量交换的基础上才能实现自我更新。新陈代谢一旦停止，生命也就结束。因此，新陈代谢是机体生命活动的基本特征。

二、兴 奋 性

各种生物体都生活在一定的环境之中，当它们所处的环境发生变化时，生物体内的代谢和外表的活动也将发生变化，这种变化称为**反应**（response）。反应的形式有两种：一种是由相对静止转变为活动，或由活动较弱转变为活动较强，称为**兴奋**（excitation）；另一种是由活动状态转变为相对静止，或由活动较强转变为活动较弱，称为**抑制**（inhibition）。机体所处的环境经常发生变化，但并不是任何一种环境变化都能引起生物体发生反应，只有那些能被生物体感受的环境变化才有可能引起反应，这种能被生物体感受而引起生物体发生一定反应的环境变化，称为**刺激**（stimulus）。例如，皮肤能感受温度刺激，耳能感受声波的刺激、眼能感受光的刺激等。在生理学上，刺激与反应乃是一对密切联系的概念，即由于刺激的作用，机体才发生反应，而机体的反应又都是由某种刺激所引起的。

活的细胞、组织或机体对刺激发生兴奋的能力或特性，称为**兴奋性**（excitability）。

在各种组织中，一般以神经和肌细胞，以及某些腺细胞都表现出较高的兴奋性，也就是说，它们只需接受较小强度的刺激，就能发生某种形式的反应，因此，习惯上将它们称为可兴奋细胞或可兴奋组织。不同的细胞或组织受到刺激后发生兴奋反应的表现形式有所不同，例如，肌细胞表现为机械收缩，腺细胞表现为分泌活动，神经细胞表现为传导兴奋等。尽管如此，它们都有一个共同的、最先出现的反应，就是受刺激处的细胞膜两侧出现的生物电变化。由于大多数可兴奋细胞受刺激时可在细胞上产生动作电位，因此在近代生理学中，将组织或细胞受刺激时产生动作电位的能力，称为兴奋性，而兴奋就是指产生了动作电位。

兴奋性是一切生物体所具有的特性，它使生物体能对环境变化作出适当的反应，是生物体生存的必要条件，因此兴奋性也是机体生命活动的基本特征。

第三节 人体生理功能的调节

在生理情况下，人体内各细胞、组织和器官都进行着各种不同的功能活动。但是，这些活动并不是彼此孤立和互不相关的，而是紧密联系、互相配合，使机体成为一个统一的整体。不仅如此，当环境发生变化时，人体内各系统、器官的活动也将发生相适应的变化，以适应外界环境的变化，保证机体正常生理功能的进行，这种适应性的反应过程是机体调节活动的结果。

一、人体生理功能的调节方式

机体生理功能的调节方式有神经调节（nervous regulation）、体液调节（humoral regulation）和自身调节（autoregulation）三种。在整体条件下，这三种调节方式是相互配合、密切联系的。

（一）神经调节

机体的许多生理功能都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）。所谓反射是指在中枢神经系统参与下，机体对内、外环境变化所作出的规律性应答反应。反射的结构基础是反射弧（reflex arc），它由五个部分组成，即：感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器（图 1-1）。感受器能够感受机

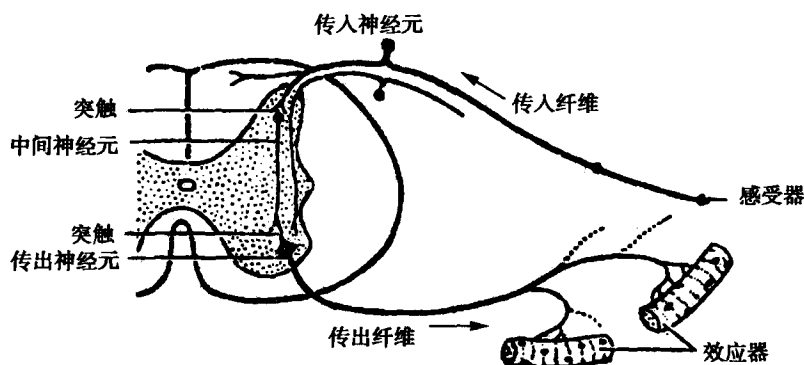


图 1-1 反射弧

体内、外的环境变化，并将这种变化转换成神经信号，通过传入神经纤维传到相应的神经中枢，中枢对传入信号进行分析综合后作出反应，再经传出神经纤维传至效应器，改变后者的活动状态。例如，当叩击股四头肌肌腱时，就刺激了股四头肌中的感受器——肌梭，使肌梭兴奋，通过传入神经纤维将信息传至脊髓，脊髓对传入的神经信息进行分析，然后通过传出神经纤维将兴奋传到效应器——股四头肌，引起股四头肌的收缩，完成膝反射。反射是机体重要的调节方式，反射弧的五个组成部分中，如果任何一部分被破坏，都将导致这一反射的消失。

（二）体液调节

体液调节是指体液中某些特殊的化学物质（如激素），通过体液运输，被运送到全身各处，对机体、器官或组织细胞的功能活动进行调节。例如，胰岛B细胞分泌的胰岛素经血液循环运送至全身，促进组织细胞对葡萄糖的摄取和利用，以维持人体血糖浓度的相对稳定。这种调节是**全身性体液调节**。除激素外，某些组织、细胞产生的一些化学物质，虽不能随血液到达身体其他部位起作用，但可以在局部的组织液内扩散，改变附近组织细胞的功能活动状态，这种调节称为**局部性体液调节**。例如，胃体和胃窦粘膜内的D细胞释放的生长抑素可抑制胃窦G细胞释放胃泌素而影响胃液分泌。另外，人体有不少内分泌腺或内分泌细胞还直接或间接地受神经系统的调节，在这种情况下，体液调节成了神经调节的一个传出环节，是反射弧传出道路的延伸，这种调节称为**神经-体液调节**。例如，当交感神经兴奋时，可促使它所支配的肾上腺髓质分泌肾上腺素和去甲肾上腺素，经血液运输，调节有关器官的功能活动。

神经调节的特点是：反应迅速、准确，作用部位局限、作用时间短暂；而体液调节的特点则是，反应比较缓慢、作用持久而弥散。这两类调节相互配合，才能使机体的生理功能调节更趋于完善。

（三）自身调节

自身调节是指体内某些组织、细胞或器官在不依赖于神经或体液调节情况下，自身对刺激产生的一种适应性反应。例如，心肌的收缩力量在一定范围内与收缩前心肌纤维的初长度成正比，即收缩前心肌纤维愈长，收缩时产生的力量愈大，反之，则收缩力量就减小。一般来说，自身调节所能调节的范围较小，也不十分灵敏，但对组织、器官的生理功能仍有一定的调节意义。

二、人体生理功能调节的自动控制

人体生理功能的调节过程与工程技术的控制过程具有共同的规律，按照控制论的原理，可将人体的各种功能调节系统看做是“自动控制”系统。将反射中枢或内分泌腺等看做是控制部分，将效应器或靶细胞看做是受控部分，而将后者的状态或所产生的效应称为输出变量。在控制部分和受控部分之间，通过不同形式的信息传递，形成一个闭合回路。也就是在控制部分和受控部分之间存在着双向的信息联系，即控制部分发出信息到达受控部分改变其活动状态，而受控部分也不断有信息返回到控制部分，不断纠正和调整控制部分的活动，从而达到精确的调节。这种由受控部分发出的信息反过来影响控制部分活动的调节方式称为**反馈调节**（图1-2）。反馈调节有负反馈和正反馈两种方式。