

主编 江西医学院 苏州医学院

编写 江西医学院 苏州医学院 南京医学院

徐州医学院 南通医学院 皖南医学院

赣南医学院

# 医用生理学

YIYONGSHENGLIXUE



# 医用生理学

---

主 编：李子瑜 于志铭

编 者：（按姓氏笔划为序）

于志铭	王健鹤	方 蕻	叶泉声	朱思明
刘惠慈	孙庆伟	何国梁	汪 桐	李万德
陈 忠	李子瑜	张建福	林甘棠	徐 斌
顾 汛	郭试瑜	黄伟秋	戴义隆	
审校者：葛志恒	刘育民	印其章	裴宏恩	

江西科学技术出版社

## 前 言

随着教学改革的不深入，学制长短、学时多少，在各类医学院校中不尽相同。统一教材目前已难以适应各类学校的需求。为此，我们编写了这本《医用生理学》，供教学之需。

本书在编写内容上，力求能反映现代医学生理学水平，尽量注意理论联系实际、基础结合临床，使读者能获得现代生理学知识，能学以致用。为了适应教学的需要，在内容的选择上，参考统编教学大纲，贯彻少而精原则，删繁就简，与其他学科（如解剖、组胚、物理、化学等）有关的内容，尽量避免不必要的重复。在论述和编排上，力求深入浅出，通俗易懂，注意内容的逻辑性。为了扩大和深化读者的知识，增加了部分参考性内容，并以【】表示之。

本教材是由江西医学院、苏州医学院、南京医学院、皖南医学院、徐州医学院、南通医学院、赣南医学院等七所医学院校的生理学教师根据各自的教学经验共同撰写的，由于时间匆促，错误和不妥之处，在所难免。为此，我们热切期望使用本教材的教师、学生及其他读者提出宝贵意见和批评，以便今后进一步修改完善。

本书编写过程中，承南京医学院葛志恒教授审阅了循环、呼吸章，中国科学院生理研究所刘育民教授审阅了感觉器官章的视觉生理部分，苏州医学院印其章教授审阅了神经系统章，海军总医院耳科研究中心裴宏恩教授审阅了感觉器官章的听觉生理部分，他们都提出了宝贵意见，谨此致谢。

编 者

1987.10

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
<b>第一节 生命的基本特征</b> .....	( 1 )
一、 新陈代谢.....	( 1 )
二、 应激性.....	( 2 )
三、 生殖.....	( 2 )
<b>第二节 机体的内环境和人体机能活动的调节</b> .....	( 2 )
一、 内环境与稳态.....	( 2 )
二、 人体机能活动的调节.....	( 3 )
<b>第三节 生理功能的自动控制原理</b> .....	( 5 )
<b>第二章 细胞的基本功能</b> .....	( 7 )
<b>第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能</b> .....	( 7 )
一、 膜的化学组成和分子结构.....	( 7 )
二、 细胞膜的物质转运功能.....	( 9 )
<b>第二节 细胞的兴奋性和生物电现象</b> .....	( 13 )
一、 刺激与反应.....	( 13 )
二、 细胞的生物电现象及其产生机制.....	( 15 )
三、 兴奋的引起和兴奋传导的机制.....	( 23 )
<b>第三节 细胞间的相互联系和信息传递</b> .....	( 27 )
一、 神经肌肉接头处的兴奋传递.....	( 27 )
二、 相邻细胞之间的直接电联系.....	( 29 )
三、 内分泌细胞与靶细胞间的兴奋传递.....	( 30 )
<b>第四节 骨骼肌的收缩</b> .....	( 30 )
一、 骨骼肌的微细结构.....	( 30 )
二、 骨骼肌的收缩原理——肌丝滑行学说.....	( 33 )
三、 骨骼肌的兴奋—收缩耦联.....	( 34 )
四、 肌肉收缩的形式和力学分析.....	( 34 )
<b>第三章 神经系统</b> .....	( 39 )
<b>第一节 神经元活动的一般规律</b> .....	( 39 )
一、 神经纤维的兴奋传导.....	( 39 )
二、 突触递质.....	( 42 )
三、 神经递质.....	( 45 )
<b>第二节 反射活动的一般规律</b> .....	( 52 )
一、 反射弧.....	( 53 )
二、 中枢神经元的联系方式和兴奋传播的特征.....	( 53 )
三、 中枢抑制.....	( 55 )
<b>第三节 神经纤维的轴浆运输和神经营养性作用</b> .....	( 58 )
一、 轴浆运输.....	( 58 )

二、神经的营养性作用	( 58 )
<b>第四节 神经胶质细胞的功能</b>	( 59 )
一、支持作用	( 95 )
二、物质转运作用	( 59 )
三、修复与再生	( 30 )
四、构成髓鞘	( 60 )
<b>第五节 中枢神经系统功能概述</b>	( 61 )
<b>第六节 神经系统的感觉功能</b>	( 62 )
一、脊髓的感觉传导功能	( 62 )
二、丘脑	( 63 )
三、大脑皮层的感觉分析功能	( 65 )
四、痛觉	( 67 )
<b>第七节 神经系统对躯体运动的调节</b>	( 69 )
一、脊髓对躯体运动的调节	( 69 )
二、高位中枢对肌紧张和姿势的调节	( 72 )
三、大脑皮层的运动机能	( 74 )
四、基底神经节对躯体运动的调节	( 76 )
五、小脑对躯体运动的调节	( 76 )
<b>第八节 神经系统对内脏活动的调节</b>	( 79 )
一、植物性神经系统对内脏活动的调节	( 79 )
二、脊髓及低位脑干对内脏活动的调节	( 82 )
三、下丘脑对内脏活动的调节	( 82 )
四、大脑皮层对内脏活动的调节	( 84 )
<b>第九节 大脑皮层的高级功能</b>	( 87 )
一、大脑皮层的结构	( 87 )
二、大脑皮层的生物电活动	( 88 )
三、条件反射	( 91 )
四、大脑皮层的语言功能	( 93 )
五、大脑的学习与记忆功能	( 94 )
六、觉醒和睡眠	( 95 )
<b>第四章 感觉器官</b>	( 98 )
<b>第一节 概述</b>	( 98 )
一、感受器的分类	( 98 )
二、感受器的一般生理特征	( 99 )
<b>第二节 视觉器官</b>	( 101 )
一、眼的折光功能	( 101 )
二、视网膜的感光功能	( 104 )
三、视野与双眼视觉	( 110 )
四、房水循环和眼内压	( 111 )
<b>第三节 听觉器官</b>	( 111 )
一、外耳、中耳的功能	( 112 )
二、内耳的功能	( 114 )
三、人听觉功能的基本特征	( 117 )

第四节	前庭器官	( 119 )
一、	前庭器官的感受装置	( 119 )
二、	前庭器官的适宜刺激	( 120 )
三、	眼震颤	( 121 )
第五节	嗅觉和味觉	( 122 )
一、	嗅觉	( 122 )
二、	味觉	( 122 )
<b>第五章</b>	<b>内分泌</b>	( 123 )
第一节	概述	( 123 )
一、	内分泌的概念	( 123 )
二、	激素分类	( 124 )
三、	激素的作用及其一般特征	( 124 )
四、	激素的作用原理	( 125 )
五、	激素分泌的调节	( 128 )
第二节	下丘脑与垂体	( 129 )
一、	下丘脑——神经垂体系统	( 130 )
二、	下丘脑——腺垂体系统	( 131 )
第三节	甲状腺	( 135 )
一、	甲状腺激素的合成和代谢	( 135 )
二、	甲状腺激素的生理作用	( 137 )
三、	甲状腺机能的调节	( 138 )
第四节	肾上腺	( 140 )
一、	肾上腺皮质	( 140 )
二、	肾上腺髓质	( 144 )
第五节	胰岛	( 146 )
一、	胰岛素	( 146 )
二、	胰高血糖素	( 148 )
三、	生长抑素	( 148 )
四、	胰岛激素的相互关系	( 148 )
第六节	甲状旁腺激素和降钙素	( 149 )
一、	甲状旁腺激素的生理作用	( 149 )
二、	降钙素的生理作用	( 150 )
三、	甲状旁腺激素和降钙素分泌的调节	( 150 )
第七节	前列腺素 胸腺素 松果体激素	( 150 )
一、	前列腺素	( 150 )
二、	胸腺素	( 152 )
三、	松果体	( 152 )
<b>第六章</b>	<b>生殖</b>	( 153 )
第一节	男性生殖	( 153 )
一、	睾丸的机能	( 153 )
二、	睾丸活动的调节	( 155 )
三、	精子的成熟、贮存和排出	( 156 )

第二节 女性生殖	( 157 )
一、月经周期及激素调节	( 158 )
二、卵巢的内分泌机能	( 160 )
三、妊娠	( 162 )
四、胎盘分泌的激素及其作用	( 162 )
<b>第七章 血液</b>	( 164 )
第一节 概述	( 164 )
一、血液和内环境	( 164 )
二、血液的组成	( 164 )
三、血液的理化性质	( 165 )
四、血液的机能	( 167 )
第二节 血细胞生理	( 167 )
一、血细胞的形态、数量和机能	( 168 )
二、血细胞的生成	( 170 )
三、血细胞的破坏	( 172 )
四、脾脏的功能	( 173 )
第三节 血液与免疫机能	( 174 )
一、血浆与体液免疫	( 174 )
二、吞噬细胞与非特异性免疫	( 174 )
三、嗜碱性与嗜酸性粒细胞的功能	( 176 )
四、淋巴细胞和免疫功能	( 177 )
第四节 生理止血机制	( 177 )
一、血凝、抗凝与纤维蛋白溶解	( 178 )
二、血小板的止血功能	( 183 )
第五节 血量、输血和血型	( 185 )
一、血量	( 185 )
二、输血	( 185 )
三、血型	( 186 )
<b>第八章 血液循环</b>	( 191 )
第一节 心动周期	( 191 )
一、心动周期的概念	( 191 )
二、心动周期中心腔内压力、容积、瓣膜启闭及血流方向的变化	( 192 )
三、心动周期中心房压力的变化	( 194 )
四、心动周期与心音	( 195 )
第二节 心脏的泵血功能	( 196 )
一、心房和心室在泵血功能中的作用	( 196 )
二、心脏泵血功能的评定	( 197 )
三、心脏泵血功能的调节	( 199 )
第三节 心脏生物电活动	( 205 )
一、心肌细胞的跨膜电位	( 205 )
二、心肌细胞生物电现象产生的机制	( 207 )
三、心肌自动节律起搏的机制	( 212 )

第四节 心肌的生理特性	( 214 )
一、心肌的电生理特性	( 214 )
二、离子对心肌电生理特性的影响	( 218 )
第五章 体表心电图	( 220 )
一、心肌细胞动作电位与心电图的关系	( 220 )
二、正常典型体表心电图的波形其生理意义	( 221 )
第六节 血管生理	( 223 )
一、各类血管的功能特点	( 223 )
二、血流动力学	( 223 )
三、动脉血压与动脉脉搏	( 226 )
四、静脉压及静脉回流	( 229 )
五、微循环	( 231 )
第七节 器官循环	( 237 )
一、冠状循环	( 237 )
二、肺循环	( 241 )
三、脑循环	( 243 )
第八节 心血管活动的调节	( 246 )
一、心血管活动的神经调节	( 246 )
二、心血管活动的体液调节	( 249 )
三、自身调节	( 251 )
第九章 呼吸	( 252 )
第一节 肺通气	( 252 )
一、呼吸道和肺泡	( 252 )
二、呼吸运动	( 254 )
三、肺容量与肺通气量	( 259 )
第二节 呼吸气体的交换	( 262 )
一、气体交换的机制	( 262 )
二、气体交换的过程	( 268 )
三、影响气体交换的因素	( 264 )
第三节 气体在血液中的运输	( 266 )
一、氧的运输	( 267 )
二、二氧化碳的运输	( 270 )
第四节 呼吸运动的调节	( 272 )
一、呼吸中枢	( 272 )
二、呼吸的反射性调节	( 274 )
第十章 消化和吸收	( 277 )
第一节 消化生理概述	( 277 )
一、消化腺分泌的机制	( 277 )
二、消化道平滑肌的生理特性	( 278 )
三、胃肠道的神经支配及其作用	( 279 )
四、胃肠激素	( 281 )
第二节 口腔内消化	( 283 )



一、唾液分泌.....	( 283 )
二、咀嚼和吞咽.....	( 284 )
<b>第三节 胃内消化</b> .....	( 285 )
一、胃液分泌.....	( 286 )
二、胃的运动.....	( 292 )
<b>第四节 小肠内消化</b> .....	( 295 )
一、胰液.....	( 295 )
二、胆汁的分泌与排出.....	( 298 )
三、小肠液.....	( 299 )
四、小肠运动.....	( 300 )
<b>第五节 大肠内消化</b> .....	( 301 )
一、大肠液.....	( 301 )
二、大肠运动.....	( 302 )
<b>第六节 吸收</b> .....	( 303 )
一、吸收过程概述.....	( 303 )
二、各种主要营养物质的吸收.....	( 304 )
<b>第十一章 能量代谢和体温</b> .....	( 309 )
<b>第一节 能量代谢</b> .....	( 309 )
一、机体能量的来源和转移.....	( 309 )
二、能量代谢测定的原理和方法.....	( 310 )
三、影响能量代谢的因素.....	( 313 )
四、基础代谢.....	( 314 )
<b>第二节 体温及其调节</b> .....	( 315 )
一、体温.....	( 316 )
二、机体的产热, 散热和体热平衡.....	( 317 )
三、体温调节.....	( 321 )
<b>第十二章 肾脏的排泄</b> .....	( 324 )
<b>第一节 概述</b> .....	( 324 )
一、排泄的概念和途径.....	( 324 )
二、肾脏功能概述.....	( 324 )
三、肾脏的机能解剖和血液循环特征.....	( 325 )
<b>第二节 肾脏的泌尿过程</b> .....	( 327 )
一、肾小球的滤过机能.....	( 327 )
二、肾小管和集合管的重吸收机能.....	( 331 )
三、肾小管和集合管的分泌和排泄机能.....	( 337 )
四、影响肾小管和集合管重吸收的因素.....	( 338 )
<b>第三节 尿液的浓缩和稀释</b> .....	( 339 )
一、逆流系统的物理模型.....	( 339 )
二、尿液浓缩稀释的逆流学说.....	( 330 )
<b>第四节 肾脏泌尿功能的调节</b> .....	( 341 )
一、抗利尿激素的作用.....	( 341 )
二、肾上腺皮质激素.....	( 342 )

三、甲状旁腺激素.....	( 343 )
四、其他因素.....	( 344 )
第五节 血浆清除率.....	( 344 )
一、概念.....	( 344 )
二、测定方法.....	( 345 )
三、测定血浆清除率的意义.....	( 345 )
第六节 尿的排放.....	( 346 )
一、输尿管的功能.....	( 346 )
二、膀胱的生理.....	( 346 )
<b>第十三章 特殊环境生理.....</b>	<b>( 348 )</b>
第一节 高压对机体机能的影响.....	( 348 )
一、高压对机体的影响.....	( 348 )
二、惰性气体在体内的饱和、脱饱和及过饱和.....	( 351 )
三、人在水下视觉和听觉的改变.....	( 352 )
第二节 高山高原地区低氧对机体机能的影响.....	( 353 )
一、高山高原环境的物理因素.....	( 353 )
二、低氧环境对机体机能的影响及代偿机制的建立.....	( 354 )
三、高山适应.....	( 356 )
第三节 高温对机体机能的影响.....	( 356 )
一、高温对机体机能的影响.....	( 357 )
二、高温适应.....	( 358 )

# 第一章 绪论

生理学 (Physiology) 是研究生物体生命活动规律的科学, 属于生物学的一个分支。其研究范围非常广泛。医学生和医务工作者主要学习的是医用生理学。医用生理学主要是研究与医学密切相关的正常人体各种生命活动的规律和机理。它是医学的重要基础学科。因为, (1) 医学的目的是要防治疾病, 提高人们的健康水平。也就是要保持人体生命活动的正常进行, 并在其发生异常变化 (即疾病) 时, 能促使其及时恢复正常, 这就必须要知道人体正常生命活动的规律, 即正常人体生理学。(2) 生理学的发展是和医学密切相关联的。早期的很多生理学知识, 就是在医学实践中观察、积累、概括和总结出来的。如血液循环说, 就是英国名医 William Harvey 通过其临床观察和动物实验概括总结而创立的。早期的生理学知识和理论大都记载于医学书籍中。我国医学名著《内经》就描述了经络、脏腑、七情六欲、卫气营血等生理学概念。而生理学的任何新发现和新发展均可大大促进临床医学的进展。例如, 对生殖生理研究的深入, 促进了计划生育及生殖疾病防治的进展; 胰岛素的发现, 不仅更好地了解了糖代谢的生理过程, 也促进了糖尿病的临床防治。因此, 作为医学生, 立志保障人民健康的白衣战士, 为了更好地完成自己的职责, 必须努力学好医用生理学。

## 第一节 生命的基本特征

宇宙间生物多种多样, 千差万别, 不同种类的生物各有其本身特有的生命活动规律, 但不同的生物间也有共同的生命活动规律, 称之为生命的基本特征。从最简单的生物体——病毒, 到最复杂的人类, 只要他有生命, 就都有这些特征, 失去了这些特征, 就失去了生命, 所以, 它是生物区别于非生物的基本点。这些特征主要有以下三点。

### 一、新陈代谢

新陈代谢 (metabolism) 是指有机体 (有生命的物体) 与其周围环境间不断地进行物质交换和能量交换、进行自我更新的过程。恩格斯曾指出: “生命是蛋白体的存在方式, 这个存在方式的基本因素在于和它周围的外部自然界的不断的新陈代谢, 而且这种新陈代谢一停止, 生命就随之停止, 结果便是蛋白体的分解。”这里所谓的蛋白体, 主要是指核酸和蛋白质。从现有资料看, 由最简单的病毒到最复杂的人体, 作为主要组成成分的核酸与蛋白质, 都要在与周围环境的新陈代谢中实现自我更新。

新陈代谢包括同化作用和异化作用两个方面。机体不断地从周围环境中摄取营养物质, 并把它们改造成为自身的物质, 这一过程叫同化作用 (assimilation); 同时又要将自身的成分及摄入的一部分营养物质分解氧化, 放出能量供机体生命活动的需要, 并把物质分解氧化后产生的代谢尾产物不断地排出体外, 这叫异化作用 (dissimilation)。同化作用和异化作用是同一个新陈代谢过程的两个方面, 二者紧密联系, 缺少一方面, 另一方面也将不复存在。

一般物质分解时释放能量，而物质合成时，则吸收能量。物质分解时释放的能量，一部分供物质合成之用，另一部分则转变为热能而放散。因此，在物质交换的过程中，必然伴随着有能量的交换，这叫能量代谢。物质代谢和能量代谢也是密切联系着的同一过程的两个方面，缺一不可。

新陈代谢是生命的最基本特征，新陈代谢一旦停止，生命也就停止。机体的一切机能活动都是建立在新陈代谢的基础之上的。

## 二、应激性

机体能感受刺激产生反应的特性叫应激性 (irritability)。能引起机体产生反应的各种环境变化统称为刺激 (stimulus)，它包括光的、电的、机械的、化学的等等。由刺激引起的机体的功能活动和生化过程的变化，称为反应 (reaction)。反应有两种形式，一为由相对静止变为活动，或由活动弱变为活动强，这叫兴奋 (excitation)；一为由活动转为相对静止，或由活动强转为活动弱，这叫抑制 (inhibition)。人及动物体内的神经、肌肉、腺体等组织产生兴奋时的共同特征性表现，为扩布性的生物电反应过程 (动作电位)，它是这些组织兴奋的标志，这些组织可称为可兴奋组织。对可兴奋组织来说，应激性又叫兴奋性 (excitability)，也就是说，它有感受刺激产生兴奋的能力，亦即产生扩布性生物电反应的能力。可兴奋组织在不同的情况下或感受不同的刺激也可产生抑制性反应。如心肌接受肾上腺素刺激，可产生兴奋性反应，使心搏加快加强；而接受乙酰胆碱的刺激，则出现抑制性反应，使心跳减弱减慢，甚至停止。机体所生存的环境变化是多种多样的，机体对这些环境变化的刺激，有的产生兴奋反应，有的则产生抑制反应，这样才能更好地适应环境，这也是保证生命活动能正常进行的根本条件。至于一个既定刺激，究竟是引起机体产生兴奋反应还是抑制反应？这与该刺激的性质和强度有关，也与机体当时所处的机能状态有关。例如，肾上腺素可使正常未孕子宫舒张 (抑制)，而对有孕子宫则可引起它收缩 (兴奋)。

## 三、生殖

生殖 (reproduction) 是指生物体产生与自己相似的新个体以延续种系的生命活动过程。任何生物体，其个体的生命过程都要经过生长、发育、衰老、死亡等阶段，也就是说，个体的生命总是要死亡的。为了延续种系，在个体生命过程中必须要进行生殖。所以生殖也是生命的基本特征之一。

不同的生物，生殖的方式不同。人及高等哺乳动物属两性生殖，人体生殖的基本过程另有专章叙述。

# 第二节 机体的内环境和人体机能活动的调节

## 一、内环境与稳态

细胞是构成人体的结构和功能的单位。每个细胞都要单独地进行着新陈代谢活动。但人体的细胞大都与外环境直接接触，人体细胞都是浸浴在细胞外液中 (血液、淋巴、组织液) 中。细胞外液即成为细胞直接生存的环境，称为机体的内环境 (internal environment)。内环境概念首先由法国生理学家 Claude Bernard (1813—1878) 提出。他认为机体生存在两个

环境中，一为不断变化着的外环境，另一为比较稳定的内环境。外环境千变万化，而内环境则始终保持相对稳定。心血管系统中的血液，通过心脏舒缩的推动，沿血管系统在全身循环流动，一方面由呼吸及消化器官摄取氧气及营养物质，运送到全身各处，通过毛细血管壁进入组织液；同时，各处组织液中的 $\text{CO}_2$ 及代谢尾产物又透入血液，经血液循环运至肺、肾等排泄器官，排出体外。通过血液循环，一方面不断地向内环境补充消耗了的氧气和营养物质，同时又持续地向外环境排出 $\text{CO}_2$ 和细胞的各种代谢尾产物。既实现了细胞与环境间的物质交换，又维持了内环境成分和性质的相对稳定，保持细胞生活的适宜环境。心跳停止，血液循环即停止，就不能保持内环境的相对恒定，将导致全身细胞的新陈代谢停止，引起细胞死亡和解体。故临床上把心脏停止视为临床死亡的标志，而细胞的新陈代谢停止和死亡，则谓之生物学死亡。Claude Bernard说“内环境稳定是机体自由和独立生存的首要条件”。

内环境的成分及理化性质的相对稳定，是有赖于其中各种物质在不断变动中达到平衡状态，即所谓的动态平衡。美国生理学家W.B. Cannon把这类平衡状态称为“稳态”或“自稳态 (homeostasis)”，即不断变动中的相对稳定状态。稳态不仅指内环境的稳定状态，它已扩展到生命系统的各级水平，体内各种保持协调、稳定的生理过程均属稳态。细胞膜将细胞内部与外界隔开，而细胞内液与细胞外液成分相差很大，两者间不断进行物质交换，并保持其内部的相对稳定性，这种稳定性的保持就是细胞的稳态。整个机体稳态的保持要靠神经和体液的严密调节，而保持内环境稳态是维持生命活动正常进行的中心问题。

## 二、人体机能活动的调节

构成人体的每个细胞虽然均单独地进行着新陈代谢活动，但各部分的细胞根据其结构和功能的分化，又都在整体内担负着一定的功能任务。如消化系统的细胞担负着消化和吸收营养物质的任务；呼吸系统的细胞担负着摄取 $\text{O}_2$ 和排出 $\text{CO}_2$ 的任务；肾脏的细胞担负着排泄水及代谢尾产物的任务等等。因此，人体的任何细胞和组织，又都要为适应整体的需要和维持整体新陈代谢的正常进行而活动。所谓整体观，就是认为人体是一个完整的统一体，其各系统各部分的活动是紧密联系、互相制约、互相协调，有机地组合成一个完整的统一体而活动。同时，机体对其所处的环境也是统一协调的。环境的任何变化，必将引起机体产生适应性反应，以适应环境或改造环境，以便与环境取得协调平衡，维持正常生命活动的进行。机体本身的完整统一性，以及机体与环境的统一协调，必须依靠神经和体液的调节来完成。

### (一) 神经调节

神经调节活动的基本方式是反射 (reflex)。反射是指机体在中枢神经系统的参与下，对内外环境的刺激产生的适应性反应。产生反射活动的结构基础为反射弧 (reflex arc)。反射弧一般包括以下五个环节，即感受器，传入神经，中枢，传出神经和效应器 (图1-1)。

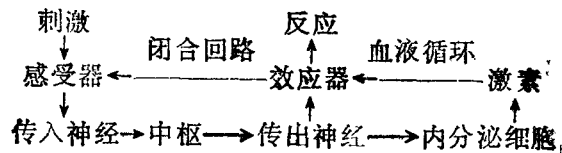


图 1-1 神经—体液调节示意图

感受器是专门感受各种形式刺激的结构。效应器是发生反应的器官，如肌肉的收缩，腺体的分泌等。传入和传出神经只传导兴奋，起联络作用，沿神经传导的兴奋称为神经冲动。中枢起调节整合作用，它使效应器产生的反应能与感受器所感受的刺激相适应。当

感受器感受刺激后，即把刺激的信息转变为神经冲动，经传入神经传至中枢，经中枢分析综合，再通过传出神经，把信息传至一定的效应器，使之产生适应性反应。效应器中也分布有特殊的感受细胞或感受器，能感受效应器活动的刺激，将效应器活动情况的信息随时传回中枢，使中枢能适时地调整由传出神经传出的冲动，使效应器的活动能更准确协调，这就构成了一种闭合回路（closed loop），一个反射的结果成为下一反射的刺激，形成连锁性反射。如骨骼肌中的肌梭和腱器官，可分别感受本肌肉的长度和张力变化的刺激。因而，它们就可随时把肌肉收缩情况的信息传回中枢，使中枢对该肌肉活动的调节更准确协调。正常人体内绝大多数反射活动的完成都是通过这种闭合回路来实现的。

人和动物的反射活动，根据其形成的条件可分为非条件反射（unconditioned reflex）和条件反射（conditioned reflex）两类。

非条件反射是指不需要经过学习而生来就有的一类反射。如食物刺激口腔引起的唾液分泌反射；异物刺激鼻腔引起的喷嚏反射；针刺足趾引起的缩腿反射等都属非条件反射。这类反射的反射弧是在进化过程中形成的，因而是固定的，是同一种属的动物所共有的，这类反射的基本中枢较低级，如唾液分泌反射、喷嚏反射中枢都在延髓，缩腿反射中枢则在脊髓。但正常在高级中枢（如大脑皮层）存在下，这些反射均受到高级中枢的调控，使之能更好地与环境相适应。

条件反射不是生来就有的，而是在出生后的生活过程中。在客观环境的影响下形成的。条件反射是建立在非条件反射的基础上，是在个体生活条件下形成的。同一种属动物的不同个体，由于其所处的环境条件不同，可具有不同的条件反射，所以条件反射是个体的。同时条件反射还会随着客观环境的长期改变而改变，它又是灵活的，而不是固定的。高等动物条件反射的建立，必需有高级中枢（大脑皮层）存在，它是一种较高级的反射活动。通过条件反射的建立，使机体活动更具有预见性和灵活性，从而提高了人及动物适应环境变化的能力（详见第三章）。

随着人类社会的出现和进步，在神经系统中发展了能使用语言文字的功能系统，巴甫洛夫称之为第二信号系统。人类通过语言文字传递经验，积累经验，不断地认识和掌握客观事物的规律，创造科学，发展真理，使人类的活动远高于动物，与动物有本质的差异，它不仅是被动的适应环境，而主要是主动地改造环境，使之适合于人类活动的需要。人类神经系统的功能主要在于通过实践来认识世界和改造世界。

## （二）体液调节

体液调节主要是指人体内分泌细胞分泌的各种激素（hormone）或细胞代谢产物，通过血液循环，运送到其作用的器官和细胞，影响和调节这些器官和细胞的活动。因其通过血液的运输而发挥作用，故称为体液调节。

与神经调节相比较，体液调节的特点是较缓慢、弥散、持续时间较长。它主要是调节新陈代谢、生长、发育、生殖等较缓慢的一些生理过程。与神经调节相辅相成。有许多内分泌腺或内分泌细胞，本身也直接或间接受到中枢神经系统的调节，使体液调节成为神经调节的一个传出环节，如图1-1所示，这种情况就合称为神经-体液调节。

有些内分泌细胞产生的激素，不需要经过血液循环运输，而是通过组织液扩散，作用于邻近的效应细胞，这叫旁分泌（paracrine），这种激素可叫局部激素。如胰岛的D细胞分泌的生长抑素，可通过组织液扩散，作用于邻近的A细胞及B细胞，分别抑制其分泌胰高血糖素及胰岛素。一般组织细胞的酸性代谢产物，可引起局部血管扩张，属于局部体液因素的调

节，它在使局部与全身功能活动的配合协调中起着一定的作用。如进行强烈的肌肉运动时，肌肉中产生较多的酸性代谢产物，从而引起肌肉中血管舒张，这有利于活动着的肌肉获得更多的血液供应，对调节全身血液的合理分配起着很好的作用。

激素的调节也是在闭合回路的基础上进行的。以甲状旁腺激素对血 $\text{Ca}^{2+}$ 的调节为例，甲状旁腺分泌甲状旁腺激素，由血液运至骨组织，使骨 $\text{Ca}^{2+}$ 释放入血，血 $\text{Ca}^{2+}$ 增加，当血 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度过高时，又可反过来作用于甲状旁腺，抑制其分泌甲状旁腺激素。这就使得血中甲状旁腺激素及 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度得以保持相对稳定，维持机体的稳态。

### （三）自身调节

自身调节（autoregulation）是指在内外环境的刺激作用时，器官组织可不依赖于神经或体液的调节而产生的适应性反应。例如，器官血流量一般随全身血压改变而改变，但当体循环平均血压在80—180mmHg之间变动时，肾血流量却可保持相对稳定，不随全身血压变动而波动，以保持肾泌尿功能不受全身血压变动的影 响，在去神经的离体灌流肾也有这种作用，表明它是通过自身调节的结果。

自身调节常局限于一个器官或一小部分组织内，它对维持稳态也起着很重要的作用。

## 第三节 生理功能的自动控制原理

根据控制论（cybernetics）原理，一个自动控制系统必然是一个闭合回路，在控制部分（如反射中枢，内分泌腺等）和受控部分（如效应器或靶器官）之间，存在着往返的双向信息联系。控制部分有控制信息传至受控部分，以控制受控部分，后者产生的效应称为输出变量，这种控制是在既定指令下进行工作的，指令不会随时改变，但干扰等因素会使受控部分的活动改变，故不可能精确。由于受控部分也不断有信息送返至控制部分，不断纠正和调整控制部分对受控部分的影响，以达到自动的精确调节。来自受控部分的信息，称为反馈信息。控制部分根据反馈信息的量来纠正和调整它发出的控制信息的量。因而，反馈信息与控制信息间必然存在着一定的函数关系。在人体功能调节的自动控制系统中，如反馈信息的作用与控制信息的作用相反，亦即对控制部分是起抑制作用，这类反馈调节称为负反馈（negative feedback）（图1—2）。负反馈是维持稳态所必需，它是可逆的，是保持动态平衡的。如上述血中 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度过高，抑制甲状旁腺激素分泌就是一种负反馈调节，当血 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度降低后，这种抑制作用就减弱和消除。若反馈信息不是抑制控制部分的活动，而是促进和加强控制部分的活动，这种反馈调节称为正反馈（positive feedback），正反馈控制过程是不可逆的、不断增强的过程，直至整个过程完成。如排尿，分娩，血液凝固等过程中均存在有正反馈调节。

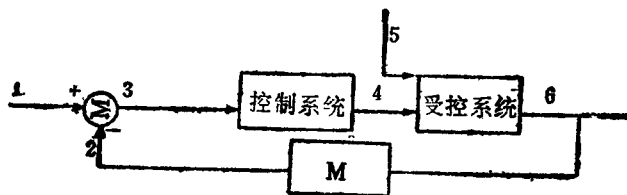


图 1—2 自控系统模式图

- Σ：比较器    M：监视装置
- 1 参考信息 2. 反馈信息 3. 偏差信息  
4. 控制信息 5. 干扰 6. 输出变量

通过负反馈来维持稳态是人体内维持稳态的一种重要方式。它是在输出信息出现偏差（如受到干扰）以后，通过负反馈来加以纠正，使之恢复平衡。如在上述甲状旁腺激素的例子中，当血 $Ca^{2+}$ 浓度增高之后，才抑制甲状旁腺激素的分泌，使血中甲状旁腺激素浓度减少，从而使血 $Ca^{2+}$ 浓度恢复正常。在这一调节过程中，表现有波动和滞后现象。近年来发现，当干扰信号作用于受控部分，将引起输出变量改变时，此干扰信号还可同时或预先通过感受装置（或监视装置）直接作用于控制部分，对可能出现的偏差发出纠正信号，干扰信号对控制部分的这种作用称为前馈（Feed-forward）（图1—3），这就避免了因干扰信号而引起输出变量的偏差。这种调节过程无波动和滞后现象。很多条件反射性的调节就是前馈式的调节。

将控制论的普遍原理，应用于人体功能的分析，使我们能进一步认识人体调节功能的一般规律。

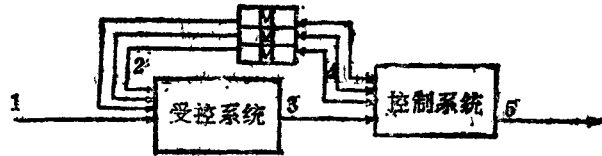


图 1—3 前馈调节示意图

M: 监视装置 1. 参考信息 2. 前馈信息 3. 控制信息 4. 干扰 5. 输出变量

（江西医学院 李子瑜）



## 第二章 细胞的基本功能

细胞是一切生命机体的基本结构单位。由于电子显微镜、X-线衍射和现代细胞分子生物学等技术的应用，使人们对细胞的结构和功能的认识取得了突破性进展。本章重点讨论细胞膜及细胞内其它膜性结构的基本化学成分和构造特点，细胞膜的通透性及其对物质和离子的转运功能，细胞膜离子通透性改变和生物电现象、细胞与细胞间的相互作用和影响方式，以及肌细胞收缩活动及其机制。

### 第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能

所有动物细胞均由一层被称为细胞膜的薄膜所包围。在电镜下，其厚度约为75 Å。它使细胞内容物不致流失，而且也能保持其化学成分的相对稳定。除此之外，细胞为了使自己在环境中生存，还要通过细胞膜与周围环境进行物质交换，由外界取得氧和营养物质，同时排出代谢尾产物，不断地进行新陈代谢活动。由此看来，细胞膜不仅起着细胞与环境间的屏障作用，而且还是一种有选择通透性的生物半透膜。近代的研究表明，尽管所有细胞均具有选择通透性，但在某些细胞，其膜对离子的通透性可因特定刺激发生快速改变，引起成千上万个离子进出细胞，导致膜两侧电位变化，激发细胞活动，这些细胞膜是一种可兴奋膜。细胞膜还有逆浓度梯度转运某些物质或离子进出细胞的功能。细胞膜也是接受细胞外理化因素或其它细胞影响的门户。此外，细胞膜与机体的免疫功能和细胞的分裂、分化以及癌变等生理和病理过程密切相关。因此，细胞膜结构及其功能特性的研究，是目前分子生物学研究中最活跃的领域，它对生理学和医学的发展至关重要。

#### 一、膜的化学组成和分子结构

【电镜下观察到的膜可分为三层结构，膜的内外两侧各有一条厚约25 Å的致密带，中间夹有一条厚约25 Å的透明带，总厚度约为75 Å。这种结构不仅见于各种细胞的细胞膜，亦见于各种细胞器的膜性结构，如线粒体膜、内质网膜和溶酶体膜等，因而被认为是细胞中普遍存在的基本结构形式，称之为单位膜（unit membrane）。

膜的基本组成成分是脂质、蛋白质和糖类，还含有少量水分和无机离子，但一般以脂质和蛋白质为主，糖类和其它物质的含量很少。按重量计，脂质和蛋白质的含量占膜非水成分的95%，相比之下，糖类只占3~4%，且常常与蛋白质结合。由于蛋白质的分子量比脂质大，故膜中脂质分子数反较蛋白质为多，至少超过蛋白质分子100倍以上。

各种物质分子，特别是蛋白质分子和脂质分子在膜结构中以何种形式存在和它们的排列方式是阐明基本生命现象的基础。目前得到较多实验事实证明并被人们广泛接受的膜分子结构假说是Singer和Nicolso（1972）提出的液态镶嵌式模型（fluid mosaic model）。这一假想模型的基本内容是：膜结构是以液态的脂质双分子层为基架，其中镶嵌有不同生理功能的