

全国二十所高等医学院校协编教材

生理学

主 编 李鸿勋
朱寄天 贾秉钧
俞安清 张经济



河南科学技术出版社

全国二十所高等医学协作院校名称

(按校名笔画排列)

广州医学院	广西医学院
大理医学院	右江民族医学院
兰州医学院	汕头大学医学院
泸州医学院	昆明医学院
河南医科大学	河北医学院
贵阳医学院	首都医学院
桂林医学院	海南医学院
湖北医学院	湖北医学院咸宁分院
湛江医学院	福建医学院
遵义医学院	衡阳医学院

前 言

在20所高等医学协作院校各级领导的组织下,1990年8月成立了有河南医科大学、泸州医学院、福建医学院、遵义医学院、兰州医学院、贵阳医学院、衡阳医学院和湖北医学院咸宁分院等8所兄弟院校同行参加的《生理学》编委会,着手本书的编写工作。本书以卫生部制定的高等医学院校《生理学教学大纲》和1991年国家教委下发的《普通高等学校临床医学专业(五年制)〈生理学〉课程基本要求(试行)》为依据,并联系参编单位的教学实践进行编写。

本书可供五年制高等医学院校的医疗、儿科、卫生、口腔、检验等系的本科生使用,也可供药学专业、综合性大学的生物系的学生参考使用。

本书的性质是教科书,并非教科书兼参考书。本书适用于90学时的理论课教学。

根据高等医学院校学生文化程度的起点、培养目标的终点、《生理学》教科书的性质和理论课教学时数,本书的内容着重于生理学的基本理论和基本知识。在编写中,既注意到全书的系统性,也尽量避免与其它课程不必要的重复;既适当选入那些比较肯定的生理学新进展,也努力防止将那些有违于培养要求、不切实际、未有定论的内容写入教材。本书注意表述的层次性、逻辑性和文字的通顺,以利于学生自学,并有利于启发学生的积极思维和培养学生的独立学习能力。因此,本书侧重的是适用性、科学性和启发性。

本书第二章名为“神经纤维与骨骼肌”,将近年习用的“细胞的基本功能”章中的部分内容,分散到其它有关章节叙述。不单独设立“生殖”章,将生殖内分泌功能归入“内分泌”章叙述。

本书尚录入自拟的“生理学教学大纲”以及有关的中华人民共和国法定计量单位。

与本书配套,本编委会将编撰本书的试题库,供用书单位提取使用。

由于编者水平有限,书中难免有不少缺点和错误,欢迎读者指正,以利再版时改进。

《生理学》编委会

1991年8月

目 录

第一章 绪 论	(1)
一、生理学	(1)
二、生理学与医学的关系	(2)
三、生命的特征	(2)
四、生物与环境	(3)
五、稳 态	(4)
六、生理功能的调节	(4)
七、生理学的研究方法	(6)
第二章 神经纤维和骨骼肌	(9)
第一节 细胞膜的物质转运功能	(9)
一、扩散	(9)
二、主动转运	(12)
第二节 神经纤维的功能	(14)
一、神经纤维的生物电活动	(14)
二、刺激与兴奋的引起	(20)
三、兴奋的传导	(23)
四、神经纤维兴奋开始后兴奋性的变化	(25)
五、神经纤维的分类	(26)
六、轴浆运输和营养性作用	(28)
第三节 神经肌接头处的兴奋传递	(30)
一、神经肌接头的传递过程	(31)
二、 Ca^{2+} 在传递过程中的作用	(31)
三、乙酰胆碱受体的作用	(32)
四、终板电位及传递特征	(32)
第四节 骨骼肌的收缩	(33)
一、骨骼肌细胞的微细结构	(33)
二、骨骼肌的收缩机制及其控制	(35)
三、肌肉收缩的外部表现和力学分析	(37)
第三章 血 液	(42)
第一节 概述	(42)
一、血液和内环境	(42)
二、血液的组成	(43)

三、血液的理化特性	(44)
第二节 血细胞生理	(46)
一、红细胞	(46)
二、白细胞	(47)
三、血小板	(49)
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(50)
一、血液凝固	(50)
二、纤维蛋白溶解	(53)
三、生理性止血过程	(54)
第四节 血量、输血和血型	(54)
一、血量	(54)
二、输血	(55)
三、血型	(55)
第四章 血液循环	(60)
第一节 心脏的泵血功能	(60)
一、心动周期	(60)
二、心脏的泵血过程及其机理	(61)
三、心脏泵血功能的评价	(63)
四、心脏的作功及其代谢特征	(64)
五、心脏泵血功能的调节	(65)
六、心肌的收缩与全或无现象	(70)
七、心音	(72)
第二节 心肌的生物电现象和电生理特性	(72)
一、心肌细胞的生物电现象	(73)
二、心肌的电生理特性	(80)
三、植物性神经对心肌生物电活动和收缩功能的影响	(87)
四、心电图	(88)
第三节 血管生理	(91)
一、血流动力学的基本原理	(91)
二、动脉血流与动脉血压	(95)
三、微循环	(100)
四、静脉血流	(106)
第四节 心血管功能的调节	(108)
一、心血管神经支配与中枢控制	(108)
二、调节心血管活动的体液因素	(111)
三、心血管功能的调节机制	(113)
四、血量恒定的调节	(120)
第五节 个别器官循环	(121)

一、冠脉循环	(121)
二、脑循环	(122)
三、肺循环	(123)
第五章 呼吸	(126)
第一节 概述	(126)
一、呼吸道的结构特征及其功能	(127)
二、肺泡及呼吸膜	(128)
第二节 肺通气	(129)
一、肺通气的机理	(129)
二、肺通气的阻力和呼吸功	(132)
三、肺容积和肺通气量的变化	(134)
第三节 呼吸气体的交换	(136)
一、呼吸气和血液中的气体	(136)
二、气体在肺和组织中的交换	(138)
三、肺通气和肺血流之间的关系	(139)
第四节 气体在血液中的运输	(139)
一、氧的运输	(140)
二、二氧化碳的运输	(143)
第五节 呼吸运动的调节	(144)
一、呼吸中枢	(144)
二、化学性反射调节	(147)
三、机械性反射调节	(151)
第六节 肺的非呼吸功能	(152)
第六章 消化和吸收	(154)
第一节 消化生理概述	(154)
一、消化道平滑肌的生理特性	(154)
二、消化腺的分泌	(155)
三、消化道的神经支配	(155)
四、消化道激素	(157)
第二节 口腔内的消化	(158)
一、唾液的分泌	(158)
二、咀嚼和吞咽	(159)
第三节 胃内的消化	(160)
一、胃的分泌	(161)
二、胃的运动	(163)
第四节 小肠内的消化	(167)
一、胰液的分泌	(167)
二、胆汁的分泌	(168)

三、小肠液的分泌	(169)
四、小肠的运动	(170)
第五节 大肠内的消化	(172)
一、结肠运动的类型	(172)
二、排便	(173)
第六节 吸收	(173)
一、吸收的部位和机制	(173)
二、主要物质的吸收	(175)
第七节 消化道活动的完整性和摄食的调节	(176)
一、消化道活动的完整性	(176)
二、食物中枢和摄食的调节	(176)
第七章 能量代谢与体温	(179)
第一节 能量代谢	(179)
一、人体能量的来源和去路	(179)
二、能量代谢测定的原理	(180)
三、影响能量代谢的因素	(184)
四、基础代谢率	(186)
第二节 体温及其调节	(187)
一、体温	(187)
二、机体与环境之间的热量交换	(189)
三、体温的中枢调节	(193)
第八章 泌 尿	(198)
第一节 肾脏的结构特征和功能概述	(198)
一、肾脏的结构特征	(198)
二、肾脏的泌尿功能概述	(200)
三、肾脏血液循环的特点	(201)
第二节 尿的生成	(202)
一、肾小球的滤过	(202)
二、肾小管和集合管的重吸收与分泌	(207)
第三节 尿液的浓缩和稀释	(215)
一、尿液的稀释	(215)
二、尿液的浓缩	(215)
三、肾髓质高渗梯度的形成和保持	(216)
第四节 尿生成的激素调节	(218)
一、水排出的激素调节	(218)
二、钠排出的激素调节	(219)
三、钙、磷排出的激素调节	(221)
第五节 尿的排放	(221)

一、膀胱和尿道的神经支配	(221)
二、排尿反射	(222)
第九章 特殊感觉器官	(223)
第一节 概述	(223)
一、感受器和感觉器官	(223)
二、感受器的一般生理特性	(224)
三、感受器的反馈调控	(226)
第二节 视觉器官	(226)
一、眼的折光系统	(226)
二、视网膜的感光功能	(229)
三、视野和双眼视觉	(236)
第三节 听觉器官	(236)
一、听觉的一般特征	(236)
二、传音系统——外耳和中耳的功能	(237)
三、感音系统——耳蜗的功能	(239)
第四节 前庭器官	(242)
一、前庭器官的结构	(242)
二、前庭器官的适宜刺激	(243)
三、前庭器官反应	(244)
第五节 嗅觉、味觉与皮肤感觉	(246)
一、嗅觉	(246)
二、味觉	(246)
三、皮肤感觉	(247)
第十章 中枢神经系统	(249)
第一节 神经元及其活动方式	(249)
一、神经元	(249)
二、神经元活动方式	(254)
三、中枢内兴奋传播的特征	(257)
四、中枢抑制	(258)
五、中枢神经活动的基本方式	(260)
六、神经胶质细胞	(260)
第二节 神经递质与受体	(262)
一、神经递质	(262)
二、递质的受体	(265)
第三节 中枢神经系统的感觉功能	(268)
一、感觉投射系统	(268)
二、大脑皮层的感覺分析功能	(272)
三、痛觉	(276)

第四节 中枢神经系统对躯体运动的调节	(278)
一、脊髓对躯体运动的调节	(278)
二、脑干对肌紧张和姿势的调节	(282)
三、小脑对躯体运动的调节	(285)
四、基底神经节对躯体运动的调节	(287)
五、大脑皮层对躯体运动的调节	(289)
第五节 神经系统对植物性功能的调节	(291)
一、植物性神经系统的结构与功能特征	(291)
二、植物性功能的中枢调节	(293)
第六节 大脑皮层电活动与脑的高级功能	(298)
一、大脑皮层电活动	(298)
二、脑的高级功能	(301)
第十一章 内分泌	(306)
第一节 概述	(306)
一、激素的一般特征	(306)
二、激素的生物合成、释放、运输与代谢	(307)
三、激素作用的机制	(307)
四、激素受体	(308)
五、激素的相互作用	(309)
六、激素分泌的调节	(309)
第二节 下丘脑	(309)
一、下丘脑与腺垂体的机能联系	(309)
二、下丘脑调节肽	(310)
三、调节下丘脑肽能神经元活动的递质	(312)
第三节 垂体	(312)
一、垂体的结构特征	(312)
二、腺垂体	(313)
三、神经垂体	(316)
第四节 甲状腺	(317)
一、甲状腺激素的合成、贮存、释放、运输和代谢	(317)
二、甲状腺激素的生物学作用	(320)
三、甲状腺机能的调节	(321)
第五节 肾上腺	(323)
一、肾上腺皮质	(323)
二、肾上腺髓质	(326)
第六节 胰岛	(328)
一、胰岛素	(328)
二、胰高血糖素	(330)

三、胰岛分泌的其它激素	(330)
第七节 甲状旁腺激素、胆钙化醇和降钙素	(330)
一、甲状旁腺激素	(330)
二、胆钙化醇	(332)
三、降钙素	(333)
第八节 前列腺素	(334)
第九节 性腺	(335)
一、睾丸的内分泌功能	(335)
二、卵巢的内分泌功能	(337)
三、胎盘的内分泌功能	(341)
生理学教学大纲(理论课部分)	(343)
〔附〕中华人民共和国法定计量单位(有关部分)	(349)

第一章 绪 论

绪论也称引论或导论。“绪”是开端，开章明义，介绍本学科的梗概或要旨，作为学习的引导。本章的主要标题是：

生理学 生理学与医学的关系 生命的特征 生物与环境 稳态 生理功能的调节 生理学的研究方法

一、生 理 学

生理学研究生命现象。一切生物的生命活动，例如摄食、排泄、生长、生殖、感觉、运动，以至脑的高级功能如学习、记忆等，都是生理学的研究对象。生理学的目的在于揭开生命之谜。人类的一大特点是寻求知识。有所不知，有所不解，人们就要竭力探索，力求明白真相。何况生命现象与人类自身直接相关，探索生命的奥秘就是了解人类自身，更具有引人入胜的魅力。更何况生理知识应用广泛，凡与生物有关的生产实践，如农、林、牧、副、渔，以及与人体相关的社会实践如体育运动、医药卫生等，无不与生理学息息相关，更增加了研究生理学的兴趣。

生理学研究由来已久。但正如恩格斯所说：“在整个古代……生理学只要超出最显而易见的东西（例如：消化和排泄）便是十足的臆测。”恩格斯接着说：“在血液循环还不知道的时候，也不能不是如此。”（恩格斯：自然辩证法）血液循环是17世纪的英国医生 William Harvey 通过系统、严格的实验研究而发现的。Harvey 的伟大贡献，一方面在于发现了血液循环，同时也在于确立了生理学的科学研究方法，即实验的方法。实验研究要求人们根据事实作判断，排除臆测。

生理学的发展有赖于其他生物科学（如解剖学和组织学）以及物理学和化学的发展。试想，当人们对眼或耳的结构还不甚明了的时候，怎能明白视觉或听觉器官的活动原理？当对空气的成分、氧的化学性质还一无所知的时候，怎能理解呼吸的生理意义？在科学还不发达的时代，生命现象总是显得神秘莫测，生物界与非生物界之间似有不可逾越的鸿沟。人类经过数百年的不懈努力——对物理学、化学、生物学的前仆后继的研究——终于认识到，物理学和化学的定律对于非生物界和对于生物界是同样适用的。能量守恒定律的普遍适用，便是著名的一例。早年，化学家用人工的方法合成了尿素；近年，我国的化学家又用人工的方法合成了胰岛素这一蛋白质。这些都是用无机的方法造出过去只能在活体中产生的化合物。数百年的研究成果为我们树立了唯物主义的生命观。换言之，一切生命现象，无论怎样复杂，终究是物质现象，不复设想“超自然精灵”的存在，而生理学，归根结蒂，无非是生物体内的物理学和化学。当然，生命现象的复杂性是不能低估的。关于高级神经活动的机制的探索，还只是刚刚起步，未来的探索路程，当必是漫长的。

生理学属生物科学，内容十分广泛。本书是为医科学生编写的教材，着眼于人体，

应用于医学，并不遍及生理学的众多领域，常称为人体生理学、应用生理学或医学生理学。

二、生理学与医学的关系

“医学是关于疾病的科学，而生理学则是关于生命的科学。”19世纪法国生理学家 Claude Bernard 的这名言，不仅阐明了生理学与医学的区别，同时也指出了二者之间的内在联系。所谓疾病，无非是生命过程的障碍。生理学探索有生之理，而医学则寻求护生之道，二者的出发点不同，但在共同研究生命这一点上汇合在一起。医学中的预防、诊断和治疗，无不以生理学原理为基础，二者的关系是显而易见的。苏联生理学家巴甫洛夫曾说，理想的医学就是按生理学原理来诊治疾病的医学。事实上，医学的发展史，就是日渐趋向这一理想境界的过程。就医学的现状而言，总的说来，距离这一境界还相当遥远。精神病学领域更是这样。然而，本世纪以来，随着自然科学和应用技术的突飞猛进，生理学中原先的空白逐渐得到弥补，医学的发展也日益加速。医学发展的特征，一方面在于有更多的疾病有了更有效的防治方法，同时也在于有更多的疾病及其防治方法，从只知其然，发展到也知其所以然。医科学生学习包括生理学在内的各门基础医学，其近期目的是为学习临床医学打下知识和理论的基础，长期目的还在于使未来的医生能跟上医学发展的步伐，走到医学发展的前沿。学好各门基础医学的意义，由此可见。

三、生命的特征

生命的特征即生物的共性。讨论生命的特征，目的在于区分生物与非生物，即区分生与死。生物与非生物之间其实并无绝对分明的界限。但为日常应用起见，找出几条生物的共性，以便从总体上理解生命的需求，这对学习生理学和医学，容或有益。

生命的特征可列出许多条。这里只讨论新陈代谢、兴奋性、适应性、生殖等几个方面。

1. 新陈代谢(metabolism) 生物都有下列表现：①在生存过程中，它们都不断地从周围环境摄取多种物质（通称营养物质）。②它们又都把体内一些物质（通称代谢产物）随时排出体外。③它们都释放能量。

摄入的营养物质在体内经过复杂的化学变化，制造出构成身体的物质。这个过程称为同化作用(assimilation)或合成代谢(anabolism)。与此同时，部分身体物质又不断分解，产生代谢产物。这个过程称为异化作用(dissimilation)或分解代谢(katabolism)。合成代谢是吸收能量的过程，分解代谢是释放能量的过程。合成代谢为分解代谢创造物质基础，分解代谢为合成代谢提供能量的来源，因此二者是不可分离的。合成代谢和分解代谢结合起来，称为新陈代谢。

一切生命现象都离不开新陈代谢，因为各种生命活动都以新陈代谢提供的物质和能量为基础。新陈代谢中的化学过程主要在生物化学课程中讲授，生理学则讨论参与代谢的各种物质的摄取、排泄和在体内的转运。例如，“消化与吸收”讲营养物质的摄取，“呼吸”讲 O_2 的摄取与 CO_2 的排泄，“泌尿”讲体内其它物质的排泄，“血液循环”是代谢物质在体内运转的主要支柱，至于细胞内外的物质转运则附在“神经纤维和骨骼肌”一章中；生理学还

讨论机体能量的总代谢，即能量的总收支。总之，本书中的不少章节，都与机体与环境之间的物质交流直接相关。

2. 兴奋性和适应性 (excitability and adaptability) 生物的另一共性是它们能对环境的变化发生特定的反应，而此种反应往往有利于该生物在变化了的环境中继续生存。生物对环境变化发生反应的能力称为兴奋性。从反应有利于继续生存这方面看，生物具有适应性。

能引起生物反应的环境变化通称为刺激。任何刺激都必须达到一定强度才有效，即才能引起反应。能引起生物反应的最小刺激强度称为刺激阈值。生物或生物组织，它的刺激阈值愈低，表明它的兴奋性愈高。换言之，兴奋性的高低是以引起反应的难易程度即刺激阈值的高低来衡量的。兴奋性与刺激阈值的量的关系可简单表示如下：

$$\text{兴奋性} = 1 / \text{刺激阈值}$$

在人体中，神经、肌肉和腺体受刺激后发生反应最为迅速而明显，称为可兴奋组织。有关内容在“神经纤维和骨骼肌”一章中讨论。与整体的适应性反应相关的是感觉器官、神经系统、内分泌等章。

3. 生殖 (reproduction) 各种生物都有产生新个体的能力，称为生殖。个体的寿命总是有限的，生殖使种系得以延续。这是生物的另一共性。本书最后一章讨论这一问题。

四、生物与环境

生物只能在特定的环境中生存。“鱼儿离不开水，瓜儿离不开秧”，就是这个意思。地球上的生物是地球环境的产物。把生物和它的生存环境看作一个统一体并非过甚其词。

生理学研究的重要成就之一是阐明了构成机体的各种组织细胞对生存环境的要求，例如对温度、渗透压、酸碱度、离子成分、氧分压等等的要求。总的说来，细胞对生存环境的要求是相当严格的。它们要求相对稳定的生存环境，否则将导致损害以至死亡。

然而，自然环境往往是多变的。在多变的自然环境中，人和动物如何生存？Claude Bernard 分析了这个问题后指出，在多细胞机体中，细胞的生活环境与自然环境大不相同。细胞生活在细胞外液之中，后者的理化性质，愈在高等动物则愈稳定。最显著的例子莫过于温度。在我们所生活的北温带，从冬到夏，气温的变化可达 $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，甚至更大，但生活在这里的高等动物（恒温动物）和人，其体温变化则是微不足道的。Claude Bernard 称细胞外液提供给细胞的生活环境为机体的内环境。Claude Bernard 一生作出过许多贡献，而最为后人念念不忘的是他的关于内环境的论述。他说：“内环境的稳定是自由生存的条件。” (The constancy of the internal environment is the condition for free life)

所谓内环境稳定，是相对于外环境（即自然环境）的变动而言，并非固定不变。所谓自由生存，是指抵抗环境威胁而获得的生存。自然界在变，生物更在变。机体内环境的稳定是生物在“以变应变”中实现的。生物的种种变化，包括各种周期性的变化，非但不与内环境稳定相矛盾，而且是维持内环境稳定所必需的。

许多生理学家把 Claude Bernard 关于内环境稳定的论述当作生理学的纲领性理论，并

且认为机体中的各个功能系统，如消化系统、呼吸系统、泌尿系统、神经系统等，尽管功能各异，但都有一个共同的目标，即维持内环境的稳定。在这个意义上，生理学的全部内容只回答了一个问题，即内环境是如何维持稳定的？

五、稳 态

内环境的稳定状态可用一个简约的术语来表达，叫做稳态——Homeostasis。这个词是Cannon创造的。他强调内环境的稳定是众多生理机制协同作用的结果，因此稳态这个词常常隐含着达到稳定状态所涉及的生理机制。例如说“钙稳态”，一方面固然是指血钙浓度稳定这一事实，但其中还暗指维持血钙稳定的全部生理机制。

在变化无常的自然环境中，机体如何实现稳态？这是一个发人深思的问题。

在最近半个多世纪中，生理学的重大发展之一是引进了一个对于生理学来说是全新的概念，叫做自动控制的反馈机制。我们先举一个例子，说明这一概念的内涵。

在一个箱子里安装一个电热器，它能提高箱内的温度，却不能使温度稳定。如果这个电热器有一个特殊的“开关”，开关的通电或断电取决于箱内的温度，即当温度超过一定水平，开关断电，电热器停止产热；温度低于这一水平，开关重新接通，电热器恢复产热。倘能这样，箱内的温度将保持在决定开关通断的水平，从而成为恒温箱。上述温度水平称为调定点(set point)，它的具体数值是设计者或使用事先“调定”好的。恒温自然不是绝对的，还会有温度的波动（称为偏离）。事实上，上述开关正是靠这些波动才发挥作用。然而箱内温度的升降毕竟受到了很大程度的限制，实现了相对的稳定。

上述“开关”所起的作用叫做自动控制的负反馈。电热器通电的效应（箱内升温）引起电热器断电；电热器断电的效应（箱内降温）引起电热器通电。概括地说，一种作用的效应反过来抑制这一作用叫做负反馈。如果一种作用的效应反过来促进这一作用就叫做正反馈。负反馈(negative feedback)是维持稳定的机制，正反馈(positive feedback)则导致愈演愈烈的反应。

回顾已知的生理事实，人们发现体内也存在着许许多多负反馈机制。例如，血压升高了，有因此而使血压回降的机制；血压下降了，有因此而使血压回升的机制。肺通气过度，有因此而使肺通气减少的机制；肺通气不足，有因此而使肺通气增加的机制。凡此种种，都是体内的负反馈机制，是实现稳态的物质基础。负反馈这一概念帮助我们理解实现生理稳态的原理，并促进新的稳态机制的发现。

体内的正反馈机制较少。以后学到血液凝固的时候，将见到一个实例，即血液凝固开始后反过来促进凝固过程。血液凝固的生理意义在于形成血栓，堵塞已破裂的血管，阻止出血。就血液凝固本身而言，这里不存在稳定的问题。正反馈见于一些“一杆子插到底”的过程，血液凝固是这样，排尿或分娩也是这样。

六、生理功能的调节

调节意味着有调节者和被调节者。如果调节者是神经系统，此种调节称为神经调节。如果调节者是体液中的某些化学物质，例如激素，此种调节称为体液调节。如果调节者就是被调节者本身，则称自身调节。

调节又意味着“变”——调节者能使被调节者发生某种变化。但在生理学中，调节总是指实现某种稳态而进行的控制，并不把一切足以引起生理变化的因素都视为调节者。

(一) 神经调节

神经系统的功能可分下列三个方面：

1. 探测功能（感觉功能） 神经系统通过感受器和传入神经，探测体内外的状况，获得各种信息。例如探测外环境中有关声、光的变化，或内环境中有关血液成分、温度等变化。

来自外环境的信息，在送达脑的高级部位时，一般能引起意识感觉，如视觉、听觉、触觉等。来自内环境的信息，一般不引起意识感觉，少数则产生所谓“有机感觉”，如血浆渗透压升高时引起的渴觉。

2. 控制功能（运动功能） 神经系统通过传出神经控制效应器的活动。人体的效应器由肌肉和腺体构成。支配骨骼肌的传出神经是躯体运动神经，支配心肌、平滑肌和各种腺体的传出神经是植物性神经。骨骼肌没有自发活动，它们的活动完全是在神经控制下进行的。心肌、平滑肌和腺体有不同程度的自发活动，植物性神经在它们的自发活动的基础上进行调节。

3. 整合功能 神经系统的整合功能由脊髓和脑完成，包括信息储存，产生意识，并根据储存信息和当时获得的信息，通过传出通道，向效应器发出行动的指令。

中枢神经系统通过躯体神经向骨骼肌发出指令时常是有意识的，因此称为随意运动。中枢神经系统通过植物性神经向心肌、平滑肌和腺体发出指令时常是无意识的。

中枢神经系统在下列活动方式中表现了它的整合功能：

(1) 反射活动 作用于体表或内脏感受器的某些刺激常能不经思索地引起特定效应器官的反应，此种反应称为反射活动，例如进食引起的唾液分泌或光照眼睛时引起的瞳孔收缩，都是反射活动。反射活动的特点，一是先天性，无需学习或训练，因而个体差异不显著；二是纯由刺激引起，不加思索而产生，有别于随意运动；三是通过中枢神经系统而完成，有别于直接刺激效应器而出现的局部反应。

完成反射活动所需要的结构称为反射弧，包括下列五部分：感受器、传入神经、反射中枢、传出神经、效应器。不同的反射有不同的反射弧。某一反射的反射弧遭受破坏，这一反射便不能进行。

(2) 条件反射 巴甫洛夫发现，在动物或人的生活过程中，如果引起某一反射的刺激在未到来之前总有某种“预告”（称为刺激的信号），则反复多次之后，这种预告或信号也能引起原先只有该刺激本身才能引起的反应。这种由刺激的信号引起的反应，称为条件反射。

条件反射是在生活过程中，在上述条件下形成的，并非先天的。它也随条件的改变而改变，以至消退。在讨论条件反射的时候，为了区别，常称通常所说的反射为非条件反射。

条件反射的生物学意义十分重大。正如巴甫洛夫所说，如果兔子只在老虎抓到它的时候才发动“防御反射”，开始逃跑，它的生存机会太少了。它能对老虎到来的信号起反应，大大增加了存活的可能性。

(3) 随意运动 反射活动是因当时获得的信息（即引起反射的刺激所表达的信息）而发生的。条件反射也是这样，是因当时获得的信息（即信号所表达的信息）而发生的，但它的

形成与信息储存有关。至于随意运动，即便与当时获得的信息有关，却往往参照了长期积累的储存资料，因而不仅因人而异，而且在同一个体也往往千变万化。以体温调节为例，冷刺激引起的皮肤血管收缩是反射活动，而增添衣服、生火取暖则是随意运动。前者千遍一律，后者变异很大。不过从最终的效果看，都是为了确保体温的稳定，因此即便是变化很大的随意运动，也还是万变不离其宗，否则生命难以为继。

（二）体液调节

许多体液因素具有调节作用，这里着重谈通过激素的调节。

人体有许多种内分泌细胞，有些集合成器官，如甲状腺、肾上腺、垂体等，有些则分散在各种脏器之中。内分泌细胞制造具有调节作用的化学物质，称为激素。激素通过血液循环，送到身体各处，对特定组织（称为该激素的靶细胞）发生作用，调节它们的活动。

神经调节和体液调节有时不能绝然分离，因为不少内分泌腺直接、间接受神经系统的控制。在这种情况下，神经调节和体液调节是连结在一起的，称为神经-体液调节。

（三）自身调节

兴奋性和适应性是生物的共性。人体的一些组织器官，它们的适应性表现得十分精致，例如骨骼肌和心肌，当它们因外力作用而被拉长时，它们的收缩力将增强。在这个例子中，肌肉收缩力的增强，不是由于神经或体液因素的作用所致，而是由于肌纤维的“初长”（收缩前肌纤维的长度）增加而引起的，因此是基于肌肉本身的特性，称为自身调节。神经调节和体液调节是在自身调节的基础上进行的。组织器官的自身调节有利于它们对环境变化的适应。但在整体中，组织器官若各自为政，不仅无助于整体的生存，有时还起相反的作用。例如在严重失血的情况下，由于缺氧，各种组织器官中的血管，若按本身的反应规律，都将扩大，以加大血流量，争取更多的氧气。然而全身血管舒张，必然导致休克，加速整体的死亡。神经调节和神经-体液调节的特点在于它们是中枢神经系统整合各种信息后作出的协调反应，常能关照整体，更有利于机体的生存。

七、生理学的研究方法

生理学的主要研究方法是实验。但这里并不介绍具体的实验方法，只介绍几个有关生理实验的常用术语，然后讨论生理学研究的主要步骤。这些术语和步骤当然并不仅仅应用于生理学研究。

在生理学文献中，常可看到“在体实验”，“离体实验”，“急性实验”，“慢性实验”等术语。在体实验是指所要研究的器官或组织还在原位而进行的实验。离体实验则把器官或组织摘出体外，尽可能维持其生存，而后进行研究。急性实验和慢性实验无非是按实验时间的长短来区分。在体实验可以是急性的，只观察若干小时，至多一两天，也可以是慢性的，研究过程可长达几星期、几个月以至更长。离体实验以往大抵是急性的，但现在技术进步了（例如组织培养技术），因此也可能是慢性的。

上述实验方法有无优劣之分？抽象地评论方法的优劣是没有意义的。方法的选择要根据实验的内容、性质和目的。还要看是否切实可行。例如，研究某些无机离子，如 K^+ 、 Ca^{2+} ，对心脏的自动节律性活动的影响，宜用离体心脏，否则体液中的其他因素的变化势必影响实

验结果。但若要研究的是心脏的反射活动，当然只能作在体实验。把整个反射弧摘出体外是不可能的。倘要观察摘除某一内分泌腺后对机体的影响，这种研究只能是慢性的，时间太短，其影响难以显示出来。

研究的步骤大体可分为：①确立命题并提出工作假说；②制订研究方案，开展实验研究；③分析实验结果，从中得出结论。

一切研究都是为了解决疑难。疑难就是问题。一个问题如果只是个人的，前人其实已经解决了，这样的问题，通过看书，就能找到答案。时到如今，生理学中前人完全没有研究过的问题是很少的，但研究过不等于已经解决，更不等于已经彻底解决。确立命题就是要明确个人提出的问题的生理学研究的长河中处于什么位置。这是要通过查阅文献来解决的。

命题确立后就得出工作假说(working hypothesis)。假说就是假设的答案。有了假说，才能着手研究。譬如要寻找一把丢失的钥匙，也得先提出“工作假说”，即设想可能丢在哪些地方，然后着手寻找。否则到处乱翻，难有成效。要紧的是提出假说应有依据，而且如果后来的研究表明这一假说不能成立，就得提出新的假说，继续研究，直到获得命题的答案。研究者所提出的工作假说，往往是他的知识和智慧的体现。扩大我们的知识，提高我们的智力，我们才可能进行卓有成效的研究。

至于研究方案的制订、实验研究的开展、实验结果的分析等，本书不可能详谈。需要指出的是，编写在教科书上的都是前人研究的成果，而生理学研究则大抵总是实验研究。但教科书总是高度概括的，一般看不出研究的过程，甚至并不说明研究的方法。学习生理学当然要记住许多事实，例如浓度为0.9%的NaCl溶液是生理盐水，每立方毫米血液中的红细胞数量是400—500万等。但仅仅记住这些数字是不够的，应知道这些数字是怎样得来的，即生理盐水的浓度是通过什么样的实验确定的，红细胞数又是怎样“数”得的。再如上文提到，骨骼肌和心肌的初长加大，它们的收缩力也将加大。这个规律用于心脏，称为心脏定律。如果你仅仅背出心脏定律的全文，你也许能在考试中得满分，但若你并不知道得出这些规律的实验是怎样做的，研究者是怎样总结他们的实验结果的，你的知识还是空虚的。我们当然不可能在短时间内明白教科书中提到的全部生理学知识的来源，但追究来源，了解研究的实际过程，却是真正学好生理学的唯一途径。

小 结

生理学研究生命现象，即研究生物的生命活动，其最终目的在于阐明生命现象的机制，即生命活动的物理、化学原理。生理学属生物科学。人体生理学是医学的基础。

数百年科学研究的成就表明，生命现象是物质现象。地球上的生物是地球的物质环境的产物，而生物的生命则是在生物与其生存环境的交互作用中呈现出来的。这种交互作用突出地表现在新陈代谢、兴奋性、适应性等生命的特征中。

动物愈进化，其机体的内环境愈稳定。内环境的稳定状态——稳态——是由机体的各种负反馈机制来维持的。神经系统和内分泌系统是机体中的两大调节系统，在中枢神经系统整合来自体内外的各种信息的基础上，调节机体各功能系统的活动，使他们协调一致，确保机体内环境的稳定。