

生理学讲义

SHANGHAI FIRST MEDICAL COLLEGE

生 理 学 讲 义

(附教学大纲、实验指导)

主 编:	何菊人	苏清芬	
者:	何菊人	贾瑞菊	孙祥莺
	郭学勤	姚 泰	屠逸君
	李 鹏	徐宁善	龚茜玲
	孙忠汉	林瑞锦	钱梓文
	苏清芬	詹文志	潘令和

审 阅: 张锦如

责任校对: 何菊人

版别: 1984年10月第二版第二次印刷

书 号: 〈 2410—837—1 〉

印 刷: 江苏省南通县印刷厂

前 言

自1978年以来,由于生理学教学时数有了较大幅度的增加,因此要求生理学理论和实验教学内容的深广度上都要相应地增加。如何跟上这一形势的要求,使学员有一本合适的教学大纲、教材和实验指导,是我们教研室急待解决的问题。院领导鼓励我们编写我院的自己的教材,因此我们在前几年实践的基础上,于1980年确定了我院的生理学教学大纲,编写了自己的教材和实验指导,力图把教学内容的深广度稳定下来,使教学质量能稳步提高。

我们的生理学教学大纲是根据我院的实际情况确定的。例如,我院教学计划中血液、内分泌和生殖系统主要安排在其他课程中学习,生理学中就少讲这方面的内容,省下的时间多讲一些血液循环、呼吸、肾脏的排泄和中枢神经系统的内容。我们认为教学大纲应该反映我院的特点,然后,根据这样的大纲,编写我们的教材。考虑到学员的全面发展,专业学习负担不应过重,教材的份量应该有所控制,不要太多太杂,似以每学时学习2500~3000字左右的资料为宜。由于我们这个教材不是一个完整的生理学教材,因此我们称它为《生理学讲义》。

《生理学讲义》试用已有三年。经过三年的实践,并征求了学生、教师等各方面的意见,我们决定对《生理学讲义》进行修订。这次修订,主要是充实内容,修改文字和删去一些不必要的材料。为了便于学员们自学中外参考书籍,我们在每一章的末尾,推荐了一部分参考资料,并附有中英对照专业词汇,供大家参考。《生理学实验指导》也进行了必要的修改,增加了插图,精选了内容,初步把微处理机的应用编入实验指导,并增添了设计实验,希望学员们能获得更好的实验技能和实验设计的训练。

由于我们的水平不高,编写匆促,我们这本教材肯定会存在不少问题,请同志们在使用中提出宝贵意见。

上海第一医学院生理学教研室

1983年1月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、人体生理学的任务、研究内容和研究方法	(1)
二、学习人体生理学的指导思想	(3)
三、人体的基本生理功能	(3)
四、人体生理功能的调节	(4)
第二章 细胞的基本功能	(7)
第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能	(7)
一、细胞膜的化学组成和分子结构	(7)
二、细胞膜的物质转运功能	(8)
第二节 细胞的生物电现象及其产生的原理	(12)
一、细胞的生物电现象	(12)
二、生物电现象产生的原理	(13)
第三节 兴奋的引起和传布	(16)
一、兴奋的引起	(16)
二、细胞发生兴奋时,其兴奋性的变化	(17)
三、兴奋的传布	(18)
第四节 神经纤维的传导功能及其对所支配组织的作用	(22)
一、神经纤维的传导功能	(22)
二、神经纤维对所支配组织的作用	(24)
三、神经纤维的轴浆运输	(24)
第五节 肌细胞的收缩功能	(25)
一、骨骼肌的微细结构	(25)
二、骨骼肌收缩的原理	(27)
三、骨骼肌的兴奋—收缩耦联	(27)
四、肌肉收缩的外部表现和力学分析	(28)
第三章 血液	(34)
一、体液和内环境的概念	(34)
二、内环境的相对稳定性	(34)
三、血液的组成和理化特性	(34)
四、血液的生理功能	(35)
五、红细胞生理	(36)
六、白细胞生理	(37)
七、血小板生理	(39)

八、血浆蛋白的主要功能	(40)
九、血量	(41)
第四章 血液循环	(44)
第一节 心脏生理	(44)
一、心肌生物电与心肌特性	(44)
二、心动周期与心脏射血	(54)
三、心输出量	(57)
四、心电图	(59)
第二节 血管生理	(63)
一、各类血管的结构和功能特点	(63)
二、血流量、血流阻力和血压	(64)
三、动脉血压和动脉脉搏	(66)
四、静脉血压和静脉回心血量	(69)
五、微循环的结构及功能	(71)
六、组织液	(74)
七、淋巴液	(75)
第三节 心血管活动的调节	(76)
一、神经调节	(76)
二、体液调节	(83)
三、自身调节	(85)
第四节 血量的调节	(86)
一、血量的神经、体液调节	(86)
二、急性失血时的生理反应	(87)
第五节 器官循环	(88)
一、冠脉循环	(88)
二、肺循环	(89)
三、脑循环	(91)
第五章 呼吸	(97)
第一节 肺通气	(97)
一、实现肺通气的结构及其功能	(97)
二、肺通气的原理	(101)
三、肺容量与肺通气量	(104)
第二节 肺换气与组织换气	(106)
一、气体交换的动力	(106)
二、气体交换的过程	(106)
三、影响气体交换的因素	(107)
第三节 气体在血液中的运输	(108)

一、 O_2 的运输	(108)
二、 CO_2 的运输	(110)
第四节 呼吸运动的调节	(111)
一、呼吸中枢与呼吸节律	(111)
二、呼吸的反射性调节	(113)
三、动脉血液二氧化碳过多、氢离子浓度升高和缺氧对呼吸运动的影响	(114)
第五节 运动时循环与呼吸功能的变化	(117)
一、运动时循环功能的变化	(117)
二、运动时呼吸功能的变化	(117)
第六章 消化和吸收	(121)
第一节 消化生理概述	(121)
一、消化的两种方式	(121)
二、消化腺的分泌	(121)
三、消化道平滑肌的特性	(122)
四、消化道的神经支配及其作用	(124)
五、消化道激素	(125)
第二节 口腔内消化	(126)
一、唾液的分泌	(126)
二、咀嚼与吞咽	(127)
第三节 胃内消化	(128)
一、胃液的分泌	(128)
二、胃的运动	(132)
第四节 小肠内消化	(134)
一、胰液的分泌	(134)
二、胆汁的分泌和排出	(136)
三、小肠液的分泌	(136)
四、小肠的运动	(137)
第五节 大肠内消化	(138)
一、大肠液的分泌	(139)
二、大肠运动与排粪反射	(139)
第六节 吸收	(139)
一、吸收的部位	(139)
二、吸收的机制	(141)
三、三种主要营养物质吸收的形式和途径	(141)
第七节 消化器官活动的完整性	(142)
一、消化器官各部分的功能联系	(142)
二、消化腺分泌和消化道运动的联系	(142)

三、消化和吸收的联系	(142)
第七章 能量代谢和体温	(146)
一、能量代谢	(146)
二、体温	(150)
第八章 肾脏的排泄	(158)
一、肾结构与肾血液循环的特征	(158)
二、肾小球的滤过功能	(161)
三、肾小管和集合管的泌尿功能	(165)
四、尿液浓缩和稀释的机制	(171)
五、肾脏泌尿功能的调节	(175)
六、血浆清除率	(177)
第九章 中枢神经系统	(182)
第一部分 总论	(182)
第一节 神经元活动的一般规律	(182)
一、神经元和突触	(182)
二、突触传递的电生理研究	(184)
三、中枢神经递质与受体	(185)
第二节 反射活动的一般规律	(192)
一、反射概念	(192)
二、反射弧	(192)
三、中枢神经元的联系方式	(193)
四、反射弧中枢部分兴奋传布的特征	(195)
五、中枢抑制	(195)
第三节 中枢神经系统各部位功能的概述	(197)
第二部分 各论	(198)
第一节 中枢神经系统的感觉功能	(198)
一、脊髓的感觉传导功能	(198)
二、丘脑及其感觉投射系统	(199)
三、大脑皮层的的感觉分析功能	(201)
第二节 中枢神经系统对躯体运动的调节	(204)
一、脊髓对躯体运动的调节	(205)
二、脑干对肌紧张和姿势的调节	(208)
三、小脑对躯体运动的调节	(210)
四、基底神经节对躯体运动的调节	(213)
五、大脑皮层对躯体运动的调节	(215)
第三节 中枢神经系统对内脏活动的调节	(217)
一、植物性神经系统	(217)

二、脊髓对内脏活动的调节	(221)
三、低位脑干对内脏活动的调节	(222)
四、下丘脑对内脏活动的调节	(222)
五、大脑皮层对内脏活动的调节	(224)
第四节 脑的高级功能和脑电图	(226)
一、条件反射	(226)
二、学习和记忆	(229)
三、大脑皮层的语言中枢和一侧优势	(230)
四、脑电图	(231)
五、觉醒和睡眠	(233)
第十章 感觉生理	(241)
第一节 概 述	(241)
一、感受器、感觉器官的定义和分类	(241)
二、感受器的一般生理特征	(241)
第二节 视 觉	(243)
一、眼的折光系统的功能	(243)
二、眼的感光系统的功能	(248)
三、视觉功能	(252)
第三节 听 觉	(257)
一、传音系统——外耳和中耳的功能	(257)
二、感音系统——内耳耳蜗的功能	(258)
三、听觉功能	(261)
第四节 嗅觉和味觉	(263)
一、嗅 觉	(263)
二、味 觉	(264)
第五节 皮肤感觉	(264)
一、触觉、压觉和振动觉	(265)
二、温度感觉	(265)
三、痛 觉	(265)
第六节 深部感觉、前庭迷路感觉和内脏感觉	(266)
一、深部感觉	(266)
二、前庭迷路感觉	(266)
三、内脏感觉	(270)
第十一章 内分泌与生殖	(274)
第一节 内 分 泌	(274)
一、概述	(274)
二、腺垂体	(276)

第一章 绪 论

一、人体生理学的任务、研究内容和研究方法

(一) 人体生理学的任务

人体生理学是医学科学的基础理论学科之一，它的任务是阐明正常人体各种生命现象或生理功能的道理及其活动的规律。具体地说，它要阐明正常人体的生命现象或生理功能，例如血液循环、呼吸、消化、排泄、生殖、肌肉运动等等产生的原理、产生的条件以及人体内外环境变化对它们的影响。学习人体生理学的目的是掌握正常人体生命活动的基本规律，为今后其他学科的学习，为今后的医疗、卫生实践打好必要的理论基础。

(二) 人体生理学的研究内容

人体的结构和功能十分复杂，在研究生命现象的道理时，可以从不同角度提出不同的问题，以求逐步加以解决。因为完整人体由各种器官和系统组成，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. 细胞、分子水平 研究细胞内各亚微结构的功能，以及细胞内各物质分子的特殊的物理化学变化过程。有关这方面的生理学知识，称为细胞与分子生理学。由于细胞、分子水平的研究涉及到生命现象基本的物理化学过程，它对于其他各种生理学课题的研究，有很重要的指导作用，所以有关这方面的生理学知识也称为普通生理学。

2. 器官、系统水平 研究各器官及系统的功能。它的任务在于说明各个器官及系统怎样进行活动，它的活动受到哪些因素的控制，它对整体的生理功能来说有什么作用，等等。有关这方面的生理学知识，称为器官生理学。

3. 整体水平 研究完整人体各个系统之间的相互关系，以及完整人体与环境之间的相互作用。

就人体生理学的实际应用来说，对细胞与分子、器官与系统的研究，都是为了能更深刻地掌握完整人体生命活动的规律，从而为生产实践和医学实践服务。因为人们对客观事物本质的认识，往往需要在分析的基础上进行综合。没有分析，没有对简单的局部功能的认识，也就不可能有对复杂的整体功能的认识。所以局部生理功能的研究是必要的。但是，整体的生理功能绝不等于局部的生理功能在量上的相加。这是因为一定种类、一定数量的细胞按一定关系组织起来，在功能上就发生了质的变化，有其新的生理规律。因此，上述三个水平的研究内容，既有联系又有区别，在应用这些知识解决实际问题时，必须注意不能把不同生理水平的特殊规律任意互相套用。

(三) 人体生理学的研究方法

为了研究完整机体的，或某一系统、器官、细胞的某一特定生理活动，往往会给机体带来一定的损害，甚至危及生命，因此生理实验材料主要用动物，只有在不影响健康的情况下，才允许在人体进行实验。因为人体的结构和功能，是在漫长的年代中，从低级向高级，从简单到复杂逐步进化而来的。按照生物进化论的观点，人同各种动物有许多基本相似的结构

造和功能。因此，利用从动物实验获得的生理知识来探讨人体的某些生理功能是必要的和可能的。有时由于动物机体的结构和功能比较简单，用来研究一些基本的生命活动反而有其方便之处。如用枪乌贼的大神经纤维研究细胞的电生理，就提供了不少有价值的资料。但是，人类通过劳动创造了自己和社会，使人类超过了一切动物，人体的许多生理功能特别是高级神经活动，已同动物有了质的差别。这又显出了动物实验对了解人体生理功能的局限性。在进行动物实验时，应当根据研究课题的性质选择适宜的动物，在应用动物实验的资料时，必须考虑到人与动物的差别，不能简单地把动物实验结果套用于人体。

生理学所用实验方法，归纳起来不外急性和慢性两种。急性实验方法，又可按照研究的目的而采取离体组织、器官实验法或活体解剖实验法：

1. 离体组织、器官实验法 从活着或刚死去的动物身上取下所欲研究的器官，置于人工环境中，设法在短时间内保持它的生理功能，以进行研究。例如欲研究心脏肌肉组织的生理特性时就取离体心肌，欲研究神经组织的电活动时就取离体神经。

2. 活体解剖实验法 在使动物麻醉或毁坏其大脑的条件下，进行活体解剖，暴露欲观察的器官，以进行实验。例如欲研究迷走神经对心脏的作用，就可用活体解剖方法暴露动物的迷走神经和心脏，并用电流刺激迷走神经，观察心搏起什么变化。由于离体器官和活体解剖实验过程不能持久，实验后动物往往不能生存，故常称为急性实验法。此方法的优点在于实验条件简单，不在研究范围之内的许多其他条件一般都可被人工控制，并有可能对研究的对象进行直接的观察和细致的分析。

3. 慢性实验法 以完整、健康的机体为对象，并在它同外界环境保持比较自然的关系的情况下进行实验。采用这种实验方法，也要尽可能保持实验对象体内外环境条件的相对稳定，以研究一定条件下的某项生理功能。在动物实验中，有时还必须预先进行无菌外科手术，在不损害动物机体完整的前提下，把所欲研究的器官露出体外，或导向体外，以便直接从体外观察和记录该器官的生理活动。例如在唾液分泌反射的研究中，就要预先做手术把动物的唾液腺导管开口移植到颊部皮肤，以便从体表收集唾液腺分泌出来的纯净唾液。这样的动物在手术创伤恢复以后，可用以研究在各种条件下完整清醒机体的唾液分泌规律，如吃某种特定食物时的唾液分泌过程和唾液的质和量。由于这种动物可以在较长时间内用于实验，故此方法称为慢性实验法。

一定的研究目的和研究对象要求有与之相适应的研究方法，每种方法都有它的局限性。例如，离体器官实验法很难用来研究完整机体内脏活动的规律，而慢性实验法很难用来研究心脏肌肉组织的基本生理特性。生理学研究工作必须根据研究目的和对象选择适宜的实验方法，并须了解所用方法的局限性才能对实验结果做出正确的估价。

人体生理学和别的科学一样，是人类实践的产物，反过来又为实践服务。在科学发展的历史上，生理学的形成和发展与临床医学有密切关系。劳动人民在长期与疾病斗争的过程中，逐渐积累起关于人体正常功能的知识，并且由一些临床医学工作者加以总结概括，记载于医学书籍中。如我国最早的医书之一《内经》，成书于两千多年以前，就有了经络、脏腑等生理知识的记载。这些生理知识又对当时的医疗实践起着指导作用。欧洲工业革命后，随着生产的迅速发展和科学技术的不断进步，使生理学的实验方法不断改进，从而使生理学知

识愈来愈丰富。至17世纪,生理学开始成为一门独立的实验性学科。在早期,人体生理学主要是利用动物实验进行器官、系统水平的研究。近二、三十年来,由于数学、物理、化学等基础科学的飞速发展以及新技术的应用,例如细胞分离和培养技术、电子显微镜、组织化学、同位素技术等的应用,特别是近年来生物电子学的发展,遥控、遥测、体表无创检测、计算机技术的应用,促使生理学从器官系统水平的研究,深入到细胞分子水平与整体水平的研究,从而使生理学的知识不断丰富,不断更新。而人体生理学的发展,又为临床医学提供理论基础,促进临床医学的发展。如心血管生理的发展,为临床医学提供了理论基础,创造了体外循环技术、心脏起搏器等,提高了医疗技术水平。

二、学习人体生理学的指导思想

辩证唯物主义是自然界和人类社会以及思维运动所共有的、最一般的规律。人体生理学是自然科学中的一个学科,我们在学习人体生理学时,应该坚持用辩证唯物主义的观点来认识人体生命现象及其活动规律,克服唯心主义、不可知论以及形而上学的错误观点。生命现象是一种物质运动的形式,它服从于最基本、最一般的物质运动规律——物理和化学规律。因此,尽管生命现象很复杂,但不是不可知的,我们可以借助物理化学的规律来加以研究。然而,生命活动又是更复杂、更高级的生物运动形式,它与一般无机物的物理、化学的运动形式有质的区别。我们不能简单地把无机物的物理化学规律套用在生命现象上,不然我们会犯形而上学的错误。我们以辩证唯物主义来指导自然科学,指导生理学,但是,决不能以辩证唯物主义来代替自然科学,因为生理学等自然科学有其特殊的具体规律。

“理论与实践的统一,是马克思主义的一个最基本的原则。”在学习和研究生理学,必须坚持实践论的观点,用科学实验来分析、认识问题。这样,才能使生理学的学习和研究引向深入。

三、人体的基本生理功能

(一) 新陈代谢

新陈代谢,简单地说就是新老交替,不断进行自我更新。它包括异化作用和同化作用两个方面。机体分解自身旧的物质,把分解产物排出体外,并在物质分解时释放能量,供机体生命活动的需要,叫做异化作用;另一方面,机体不断从外界环境中摄取营养物质合成机体新的物质,叫做同化作用。一般当物质分解时都要释放能量,物质合成时都要吸收能量,因此新陈代谢过程中既有物质代谢,又有能量代谢。它包括机体与外界环境之间的物质和能量的交换,以及机体内部的物质和能量的转变。新陈代谢是机体与环境最基本的联系,也是生命最基本的特征。如果新陈代谢停止了,那么生命也就终止了。

新陈代谢是一切生物机体所共有的特征,但是在不同机体、以及同一机体在不同情况下,其代谢过程都各有其特点。关于人体的代谢过程,生物化学书中将会详细阐述,我们书中只对能量代谢进行一些讨论(见第七章)。

(二) 兴奋性

1. 反应 当环境发生变化时,细胞、组织或机体其内部的代谢以及外表的活动将发生改变,这种改变称为反应。根据表现,反应有两种形式:一种是由相对静止转变为活动,或由活动弱变为活动强,称为兴奋;另一种是由活动状态转变为相对静止,或由活动强变为活

动弱，称为抑制。

2. 刺激 周围环境经常发生改变，但并不是任何一个环境变化都能引起细胞、组织或机体起反应的。能引起细胞、组织或机体发生反应的环境变化，称为刺激。它一般要具有三个条件，即：一定的强度、一定的持续时间以及一定的强度-时间变化率。这三个条件的参数不是固定不变的，它们可以相互影响，如果其中一个或两个的值变了，其余的值也会发生相应的改变。在各种刺激（电刺激、机械刺激、化学刺激、温度刺激）中，电刺激的强度、持续时间和强度-时间变化率比较容易控制，并且一般能够引起组织兴奋的电刺激并不造成组织损伤，可以重复使用，因此在实验室中常采用各种形式的电刺激作为人工刺激。

为了研究刺激的各参数之间的相互关系，我们可以先将其中一个固定于某一数值，然后观察其余两个参数的相互影响。例如，当我们使用方波电刺激时，由于不同大小和持续时间的方波其上升支的斜率都是一样的，因而它们的强度-时间变化率可以认为固定不变，此时我们观察到：在一定范围内，引起组织兴奋的刺激强度和刺激持续时间呈反变关系。如果使刺激持续时间保持不变，则引起组织发生兴奋的最小刺激强度，称为强度阈值或阈强度；如果使刺激强度保持不变，则引起组织发生兴奋的最短持续时间，称为时间阈值。一般所称的阈值，常指强度阈值。

3. 兴奋性 一切活细胞、组织或机体都具有对刺激发生反应的特性，称为兴奋性。如果组织没有兴奋性，则任何强大的刺激均不能引起反应。各种组织其兴奋性的高低是不同的，可用阈值来表示。阈值小，说明这一组织容易发生兴奋，即兴奋性高；阈值大，则说明组织不易发生兴奋，即兴奋性低。

兴奋性是一切生物体所具有的特性。它使生物体能对环境的变化发生反应，因此是生物体生存的必要条件。

四、人体生理功能的调节

人体由各种细胞、组织和器官所组成。这些细胞、组织和器官都进行着各种不同的活动。但是，这些活动并不是彼此独立，互不相关的，而是在空间上和时间内严密地组织起来，互相配合，成为一个整体的活动。不仅机体内部各生理功能之间互相联系，互相影响，机体与外界环境也是互相联系，互相影响的。当环境发生变化时，机体也将发生变化，以致与环境的变化相适应。此外，人类能通过劳动改造环境，这也体现了人类生理活动对环境的影响。

人体各种生理功能之所以能够互相配合，对环境的各种变化能发生适应性反应，这是因为人体有一整套调节机构，能对各种生理功能进行调节。其调节方式如下：

（一）神经调节

神经调节是人体内最主要的调节方式。它通过反射来实现。所谓反射，是指在中枢神经系统参与下，机体对内、外环境刺激发生规律性的应答。反射的结构基础是反射弧，它由感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五个部分组成。感受器是接受刺激的器官；效应器是产生反应的器官；中枢位置在中枢神经系统——脑和脊髓中（脑和脊髓中存在着各种反射的中枢）；传入和传出神经则是将中枢与感受器和效应器联系起来的道路。例如当异物接触眼球时，眼睑立即发生闭合，这是一种很简单的反射动作，称为眨眼反射或角膜反射。异物刺

激了眼球的角膜或结膜，使角膜或结膜上的感受器发生了兴奋，支配感受器的传入神经也发生了兴奋，并把兴奋传入控制眨眼动作的神经中枢，中枢发生了兴奋，于是兴奋从传出神经传到效应器——眼睑肌肉，眼睑肌肉发生了收缩效应，结果是眼睑闭合，保护眼球不受损害。这就是角膜反射的基本过程。反射弧的五个组成部分都很重要，如果其中任一部分被破坏，都将导致这一反射的消失。

反射可进一步分成非条件反射和条件反射两个类型。非条件反射是先天遗传的，是一种较低级的神经活动。上述角膜反射就是一种简单的非条件反射。条件反射则是建立在非条件反射的基础上，是人或高等动物在生活过程中根据它所处的生活条件而建立起来的，所以是后天获得的，是一种高级神经活动。例如动物不但能对于坠落在眼内的异物刺激发生眨眼反应，而且以后只要看到异物或飞虫向眼睛飞来，在没有接触角膜以前就能发生眨眼，这就是条件反射。条件反射比非条件反射更具有适应性意义。

一般说来，神经调节的特点是：迅速、局限和短暂。

(二) 体液调节

人体的各种内分泌腺，能分泌多种激素，通过血液循环，运送到全身各处，调节人体的新陈代谢、生长、发育、生殖等生理功能，这种调节方式称为体液调节。此外，组织细胞所产生的一些化学物质或代谢产物，可以在局部组织液内扩散，从而改变附近的组织细胞的活动。这也可以看作是一种体液调节，称为局部性体液调节。例如：当组织细胞的酸性代谢产物增加时，它通过扩散，引起局部的血管舒张，局部血流量增加，从而使蓄积的代谢产物能较快地被清除，这就是一种局部性体液调节。一般说来，体液调节的特点是：缓慢、广泛和持久。

大多数内分泌腺是直接或间接受中枢神经系统控制的。在这种情况下，体液调节成了神经调节的一个环节，相当于反射弧传出道路的一个延伸部分，可称为神经-体液调节。

(三) 器官、组织、细胞的自身调节

器官、组织、细胞的自身调节是指：当体内、外环境变化时，器官、组织、细胞不依赖于神经或体液调节而产生的适应性反应。例如心肌收缩力量在一定范围内与收缩前心肌纤维的长度成正比，即：在一定范围内，收缩前心肌纤维愈长，收缩时产生的力量愈大。一般说来，自身调节所能调节的范围较小，也不十分灵敏，但对于生理功能的调节仍有一定意义。

当体内、外环境发生变化时，机体可以通过上述三种调节方式产生一定的反应。然而，一次调节往往还不能产生最恰当的反应，还需要由调节的结果反过来进一步影响调节的原因或调节的过程，经过几次循环往复的调节，最后才能产生精确的适合于需要的反应。调节的结果反过来影响调节的原因或调节的过程，这种方式称为反馈调节，它是保证调节精确性的重要机制。如果调节的结果反过来可使调节的原因或调节的过程减弱，这称为负反馈，它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。例如：当体内血压升高时，通过一定的调节，可使血压下降，而血压下降又可反过来阻止血压升高，并且使原来的调节过程减弱，从而使血压不致于无限地下降，而维持在某一相对稳定的水平上。如果调节的结果反过来可使调节的原因或调节的过程加强，则称为正反馈，它可使机体各种生理功能活动不断增强，从而发挥最大的效应。例如排尿过程就是如此。当膀胱排尿时，尿液流过尿道，刺激尿道内感受器，通过一定的调节，使膀胱逼尿肌活动加强，这样尿流排出增加；而尿流排出

增加,又使尿道内感受器所受的刺激进一步加强,从而使膀胱逼尿肌的活动进一步加强,结果排尿过程越来越强烈,直到尿液排完为止。

参 考 资 料

1. 上海第一医学院主编:人体生理学。人民卫生出版社,1978年。

2. 王志均:发现胰岛素的故事。生理科学进展,11:281,1980。

3. 王志均:发现促胰液素的故事。生理科学进展,10:184,1979。

中英对照专业词汇

人体生理学 human physiology

细胞生理学 cell physiology

普通生理学 general physiology

器官生理学 organ physiology

急性实验 acute experiment

慢性实验 chronic experiment

新陈代谢 metabolism

物质代谢 metabolism of matter

能量代谢 metabolism of energy

兴奋性 excitability

反应 reaction

兴奋 excitation

抑制 inhibition

刺激 stimulus

阈强度 intensity threshold

阈值 threshold

神经调节 nervous regulation

反射 reflex

角膜反射 corneal reflex

非条件反射 unconditioned reflex

条件反射 conditioned reflex

体液调节 humoral regulation

激素 hormone

局部性体液调节 local humoral regulation

自身调节 autoregulation

反馈 feedback

负反馈 negative feedback

正反馈 positive feedback

第二章 细胞的基本功能

细胞是人体和其它生物体的基本结构单位 and 功能单位。如果不了解细胞的结构和功能,要阐明整个人体和各系统、器官生命现象的最根本的道理,将是不可能的。因此,学习生理学首先从细胞生理开始,是很有必要的。

人体细胞的数量极大,种类繁多。不同种类的细胞,各有其不同的功能。例如,腺细胞有分泌功能、神经细胞有接受刺激及传导兴奋的功能、肌细胞则有收缩功能等等。这些功能,我们将分别在有关章节中进行讨论。本章主要讨论各种细胞所共有的基本功能,如细胞膜的物质转运功能;细胞的生物电现象;细胞的兴奋性、兴奋的引起及其传布。此外,还将讨论神经纤维的传导功能和肌细胞的收缩功能。

第一节 细胞膜的基本结构和物质转运功能

细胞最外面包裹着一层很薄的膜,这就是质膜,通常称为细胞膜。它使细胞内容物和环境分隔开来,从而使细胞能够独立于环境而存在。细胞膜是一种具有特殊结构和功能的半透膜。通过细胞膜,细胞与环境不断地进行着选择性的物质交换,从而使细胞内物质和离子成分保持稳定。

细胞膜不但是细胞和环境之间的屏障,也是细胞接受外界或其它细胞影响的门户。环境中各种刺激,很多都是首先作用于细胞膜,然后再影响细胞内各种生理过程的。此外,细胞膜还与机体的免疫功能、细胞的分裂、分化以及癌变等生理和病理过程有密切的关系。因此,有关膜的结构和功能的研究,是目前分子生物学中最活跃的部分之一。

一、细胞膜的化学组成和分子结构

电子显微镜观察发现,从低等生物草履虫以至高等哺乳动物的各种细胞,都具有类似的细胞膜结构。它由三层结构组成:在膜的靠内外两侧各有一条厚约 $25\text{\AA}$ ($\text{\AA}$ 相当于万分之一微米)的致密带,中间夹有一条约 $25\text{\AA}$ 的透明带,总厚度约 $75\sim 90\text{\AA}$,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、内质网膜等,因而它被认为是一种细胞中普遍存在的基本结构,称为单位膜。

化学分析表明,细胞膜主要由脂质、蛋白质和糖类物质组成。尽管在各种不同细胞的细胞膜中,这些物质的比例有所不同,但一般都以蛋白质和脂质为主,糖类只占少量。

脂质、蛋白质、糖类在细胞膜中是怎样

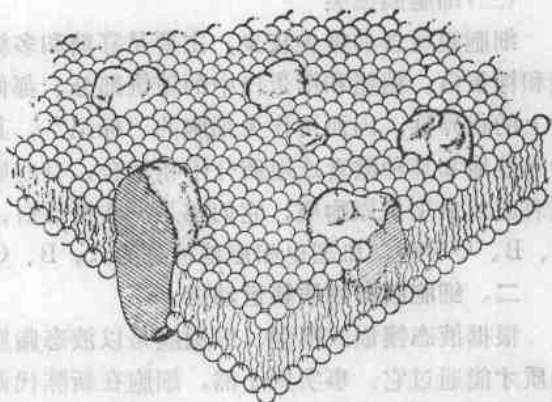


图 2-1 膜分子结构模式图

排列的？这就涉及到细胞膜的分子结构问题。从三十年代以来，曾提出各种有关膜分子结构的假说，其中得到较多事实支持而且目前为大多数人所接受的，是液态镶嵌式模型。这一模型的基本内容是：膜是以液态的脂质双层分子为基架，其中镶嵌着具有不同生理功能的球形蛋白质（图2—1）。

（一）脂质双分子层

在细胞膜的脂质中，磷脂约占70%以上，胆固醇一般低于30%。磷脂和胆固醇都是长杆状的双嗜性分子，即其一端是亲水的极性基团，另一端是疏水的非极性基团。它们在膜中以双分子层形式排列。

在双分子层中，每个磷脂分子中由磷酸和碱基构成的基团，是亲水性极性基团，它们都朝向膜的外表面和内表面；而两条较长的脂肪酸烃链，则是疏水性非极性基团，它们在膜的内部两两相对地排列。脂质分子这种定向而整齐的排列，从热力学角度看最为稳定。此外，脂质的熔点较低，在一般体温条件下呈液态，这就使膜具有某种程度的流动性。脂质双分子层在热力学上的稳定性和流动性，可以使细胞承受相当大的压力和外形改变而不致破裂，而且即使有时发生较小的断裂，也易于自动融合而修复。例如吞噬细胞通过血管壁时的变形运动和红细胞通过毛细血管时被扭曲而不破裂等，都与膜的稳定性和流动性密切相关。

由于细胞膜是以脂质双分子层为基架，所以水溶性物质一般不可能自由地通过细胞膜。

（二）细胞膜蛋白质

细胞膜中的蛋白质属于球形蛋白质。它们镶嵌在脂质双分子层中。其中有些蛋白质分子贯穿整个脂质双分子层，两端露头在膜的两侧；有的则在膜中“扎根”较浅，靠近膜的内侧面或外侧面，一般以靠近或露头于膜的内侧面为多。

镶嵌在膜内的蛋白质，具有不同的生理功能，其中有的与细胞膜的物质转运功能有关，如后面将提到的“载体”、“通道”和“离子泵”等；有的与“辨认”和接受环境中特异性的化学刺激有关，这一类膜蛋白统称为受体；有的具有酶的性质，如腺苷酸环化酶；有的则与细胞的免疫功能有关，如红细胞表面的血型抗原物质。各种细胞都有它特有的膜蛋白质，这是决定它功能特异性的一个重要因素。

（三）细胞膜糖类

细胞膜所含的糖类较少，主要是寡糖和多糖，它们和膜内的脂质和蛋白质结合，形成糖脂和糖蛋白。糖脂和糖蛋白中的糖链部分，都伸向细胞膜的外表面。由于这些糖链在化学结构上的特异性，因而可作为细胞的“标记”，其中有些是作为膜受体的“识别”部分，可以特异性地和某种激素或递质分子相结合，有些则作为抗原物质，表示某种免疫信息，如红细胞表面的血型抗原物质，它们都是一些糖蛋白，因为其糖链的化学结构不同，红细胞被分为A、B、O等型，血型也相应地被分为A、B、O等型。

二、细胞膜的物质转运功能

根据液态镶嵌式模型，细胞膜是以液态脂质双分子层为基架，因此理论上只有脂溶性的物质才能通过它。事实则不然，细胞在新陈代谢过程中，不断有各种各样的物质进出细胞，而且其中多数是水溶性的。为了说明细胞膜这种复杂的物质转运功能，曾经提出了各种假设和推测。目前基本上能肯定的是：大多数物质进出细胞，都与膜上镶嵌着的特定的蛋白质有