

中等卫生学校改革教材

生 理 学

(供护士专业用)

主 编：王震泰 谭得圣
编 者：王震泰 谭得圣
李尧敏 何跃红
陈湘秋 揭光勇
蒋光荣
主 审：李俊成

海 南 出 版 社

根据卫生部关于医学教育改革的精神,1989年,湖南省卫生厅选定护士专业作为全省中等医学教育改革的试点专业,按照培养“实用型”护理人才这一目标,修订了护士专业教学计划和各学科的教学大纲,组织有关专业教师编写了中等卫生学校护士专业改革教材。经过四所学校三年的试用和认真总结,摸索和积累了一些经验,取得了一定成效,得到了广大师生和有关医疗单位的肯定。为了使医学教育进一步适应医学模式的转变,主动适应当前改革形势发展的需要,湖南省卫生厅组织力量在原试用教材的基础上重新编写了这套改革教材,并公开出版发行,以供中等卫生学校、卫生职工中专三年制护士专业使用,相近的助产士专业也可使用。同时,亦可兼作基层卫生人员的自学参考书。

本教材共有十九种,包括医用化学、解剖学及组织胚胎学、生物化学、生理学、微生物学及寄生虫学、医学伦理学、医用遗传学、药理学、病理学、基础护理学、护理心理学、预防医学、中医护理概要、儿科护理学、传染病护理学、妇产科护理学、眼耳鼻咽喉口腔科护理学、内科护理学和外科护理学等。这套教材的内容、范围和体系以教学计划和教学大纲为依据,充分体现中等卫生学校护士专业的培养目标和特点,做到精选内容、主次分明、详略得当、结构严谨,保证了基本内容的科学性和系统性,既注重了基础理论、基本知识和基本技能的教学,又从护士专业的实际情况出发,注意中级护理人才实际技能的训练,加强了实践性教学,淡化了学科意识,有利于培养“实用型”护理人才,改革意识和时代意识比较强。

本教材以湖南省各中等卫生学校教师为主主编,除原试用教材的参编人员以外,吸收了一些资历较深、学术水平较高的教师参加编写,新疆维吾尔自治区等省区的有关学科教师亦参加了协编。担任本教材主审的均为湖南医科大学、湖南中医学院和湖南师范大学以及有关单位的专家、教授,亦广泛征求了全省各中等卫生学校有关学科教师和基层医务人员的意见。其目的在于保证书稿内容的科学、新颖和实用。

为加强对编写工作的领导并提高书稿质量,本教材组织了编写委员会,由湖南省卫生厅刘爱华副厅长担任主任委员。

需要说明的是,本教材有关计量单位均采用国际单位制和我国计量法的新规定。为便于任课教师安排教学进程和指导学生实习,教材后还附有教学大纲和实习指导。

由于教材建设是一项长期而艰巨的任务,编写适合护士专业教学改革的系列教材亦在摸索之中,因此,书中出现错误在所难免,恳切希望使用本教材的同志批评指正。

本教材系护士专业改革教材之一。根据《湖南省护士专业教育改革方案》及《湖南省中等卫校护士专业〈生理学〉教学大纲》，并在省内常德、益阳、湘潭、邵阳等几所中等卫校护士专业改革试点班试用了三年的基础上编写而成，供三年制护士专业用。也可作为助产士专业及其它相近专业的教材和在职同级护士的自学教材或参考书。

在编写过程中，始终围绕专业特点，力求符合护士专业的需要和实用。在编排和内容选材上，为了配合护士专业对生理学基础理论的特殊要求，着重突出了各器官、系统的基本功能；在知识面上，除了常用的基本理论之外，特别注意联系临床护理工作中最实用的基本知识和基本技能，重点阐明，反复强调。编者还别具匠心地通过布置相应的思考题，加以引导，以加强对“实用型”护士人才的培养。为此，增写了“生物节律”和“皮肤功能”，反映了“心钠素”等生理学新进展，以满足护理工作中基础护理和知识更新的需要。书后附有教学大纲、实验指导以及生理正常参考值、生理常用计量单位、常用生理学名词中英对照及英文缩写等三个附录，便于学生及其他读者应用或查阅。

本教材的编写工作，在省卫生厅、编委会的领导及主审——湖南医科大学李俊成教授直接指导下进行，李俊成教授对全书的编排和撰写，提出了很多指导性意见，反复审阅了原稿。在编写过程中借鉴、参考、引用了由周衍椒、张镜如教授主编的本科三版新教材、胡崎主编的四版中专新教材和杨汝昌主编全国统编教材，以及崔双绵主编的检验专业和徐宁善主编的成人护理专修科等《生理学》教材中的部分资料。常德卫校柳小年老师为本书精心绘制了全部插图，揭光勇、何跃红老师参与了初稿校阅、扞图清样及统稿等繁琐事务工作。谨此，向以上关心和支持本书编写工作的单位和领导、付出辛勤劳动的全体参编人员以及参考、引用过的各种版本《生理学》教材的主编、编者、绘图人员，一一表示诚挚的谢意。我们还衷心的祈盼着使用本教材的师生和广大读者提出批评和指正意见。

编者

1992年7月

目 录

第一章 绪论	(1)	第四节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(18)
第一节 生命活动的基本特征	(1)	一、血液凝固	(18)
一、新陈代谢	(1)	二、纤维蛋白溶解	(20)
二、兴奋性	(1)	第五节 输血与血型	(21)
第二节 内环境及人体功能调节	(2)	一、输血	(21)
一、内环境与稳态	(2)	二、血型	(21)
二、人体的功能调节	(2)	第四章 心、血管功能	(23)
三、人体功能调节的反馈作用	(3)	第一节 心脏功能	(23)
第三节 生物节律	(3)	一、心肌细胞生物电现象	(23)
第二章 细胞的基本功能	(5)	二、心肌的生理特性	(25)
第一节 细胞膜的功能	(5)	三、心动周期及心脏的射血功能	(28)
一、物质转运功能	(5)	四、心音与心电图	(30)
二、受体功能	(6)	第二节 血管功能	(31)
第二节 细胞的生物电现象	(7)	一、各类血管的功能特点	(31)
一、静息电位	(7)	二、动脉血压和动脉脉搏	(31)
二、动作电位	(8)	三、静脉血压与静脉血流	(35)
第三节 细胞间的信息传递	(10)	四、微循环	(35)
一、神经-肌肉接头的信息传递	(10)	五、组织液与淋巴循环	(37)
二、内分泌细胞与靶细胞之间的信息传递	(11)	第三节 心血管功能的调节	(38)
三、电突触传递	(11)	一、心血管的神经调节	(38)
第四节 肌细胞的收缩功能	(11)	二、心血管的体液调节	(41)
一、骨骼肌的兴奋-收缩偶联	(12)	第四节 冠脉、肺、脑循环特点	(42)
二、骨骼肌的收缩机理	(12)	一、冠脉循环	(42)
三、骨骼肌的收缩形式	(12)	二、肺循环	(43)
第三章 血液功能	(14)	三、脑循环	(43)
第一节 概述	(14)	第五章 营养物质的摄取	(45)
一、血液的组成和理化特性	(14)	第一节 口腔内消化	(45)
二、血量和血液的功能	(14)	一、唾液及其作用	(45)
第二节 血浆	(15)	二、咀嚼和吞咽	(45)
一、血浆的化学成分	(15)	第二节 胃内消化	(46)
二、血浆渗透压	(15)	一、胃液及其作用	(46)
第三节 血细胞	(16)	二、胃的运动	(46)
一、红细胞	(16)	第三节 小肠内消化	(47)
二、白细胞	(17)	一、胰液及其作用	(47)
三、血小板	(18)	二、胆汁及其作用	(47)

三、小肠液及其作用	(48)	四、肾脏泌尿功能的调节	(80)
四、小肠的运动形式	(48)	第三节 尿的输送、贮存和排放 ..	(82)
第四节 大肠的功能	(49)	一、输尿管和膀胱的功能	(82)
一、大肠液及细菌的作用	(49)	二、排尿	(82)
二、大肠的运动与排便	(49)	第九章 感觉器官功能	(84)
第五节 吸收	(49)	第一节 视觉	(84)
一、吸收部位及机理	(49)	一、眼的折光功能	(84)
二、各种营养物质的吸收形式与 途径	(50)	二、眼的感光功能	(86)
第六节 消化器官活动的调节	(51)	第二节 听觉和位置觉	(87)
一、神经调节	(51)	一、听觉	(87)
二、体液调节	(52)	二、位置觉	(89)
第六章 机体与环境的气体交换	(54)	第三节 嗅觉和味觉	(89)
第一节 肺通气	(54)	一、嗅觉	(90)
一、肺通气的动力	(54)	二、味觉	(90)
二、肺通气的阻力	(56)	第四节 皮肤的功能	(90)
三、肺容量与肺通气量	(56)	第十章 神经系统功能	(92)
第二节 气体交换与运输	(57)	第一节 神经纤维	(92)
一、气体交换的原理	(57)	一、神经纤维的兴奋传导特征 ..	(92)
二、肺换气与组织换气	(58)	二、神经纤维的分类	(92)
三、影响肺换气的主要因素	(58)	三、神经纤维对效应器的作用 ..	(93)
四、气体运输	(59)	第二节 反射中枢	(93)
第三节 呼吸运动的调节	(60)	一、反射中枢的概念	(93)
一、呼吸中枢与呼吸节律	(61)	二、神经元之间的信息传递	(93)
二、呼吸运动的反射性调节	(61)	三、神经元的联系方式	(95)
三、周期性呼吸	(62)	四、神经递质	(95)
第七章 能量代谢和体温	(64)	第三节 神经系统的感觉功能	(96)
第一节 能量代谢	(64)	一、感觉传入系统	(96)
一、机体能量的来源、转移和利 用	(64)	二、丘脑与大脑皮质的感觉功能	(97)
二、能量代谢率及其测定原理 ..	(65)	三、痛觉	(98)
三、影响能量代谢的主要因素 ..	(66)	第四节 神经系统对躯体运动的调 节	(98)
四、基础代谢	(67)	一、脊髓对躯体运动的调节	(98)
第二节 体温	(67)	二、脑干网状结构对肌紧张的调节	(100)
一、正常体温及其生理变动	(67)	三、基底神经节对躯体运动的调节	(100)
二、机体的产热与散热过程	(68)	四、小脑对躯体运动的调节.....	(101)
三、体温调节	(69)	五、大脑皮层对躯体运动的调节	(101)
第八章 排泄功能	(71)	第五节 神经系统对内脏活动的调节	(101)
第一节 尿液	(71)	一、植物性神经的特征和功能	(102)
一、尿量及尿的化学成分	(71)	二、植物性神经的信息传递	
二、尿的理化性质	(71)		
第二节 尿的生成	(72)		
一、尿的生成过程	(72)		
二、影响尿生成的因素	(77)		
三、尿的浓缩与稀释	(78)		

.....	(103)	实验一 神经干动作电位的观察	.....	(127)
三、植物性神经功能的中枢调节	.....	实验二 渗透压对红细胞的影响	.....	(129)
.....	(105)	实验三 ABO 血型鉴定	.....	(129)
第六节 高级神经活动	(105)	实验四 蛙心搏动和起搏点的观察	.....	(130)
一、条件反射的形成和意义	(105)	实验五 体液因素对离体蛙心搏动的影响	.....	(131)
二、人类大脑皮层活动的特征	.....	实验六 期前收缩与代偿间歇	.....	(132)
.....	(106)	实验七 蛙肠系膜微循环观察	.....	(132)
三、脑电图	(107)	实验八 人体动脉血压测量	.....	(133)
四、觉醒与睡眠	(107)	实验九 人体心音的听取	.....	(134)
五、学习与记忆	(108)	实验十 哺乳动物动脉血压的调节	.....	(135)
六、生理与心理	(108)	实验十一 胃肠运动观察	.....	(136)
第十一章 内分泌系统功能	(111)	实验十二 胸膜腔负压及其周期性变化的观察	.....	(137)
第一节 概述	(111)	实验十三 人体肺活量的测定	.....	(137)
一、激素作用的一般特征	(111)	实验十四 体温测量及肌肉活动对体温影响的观察	.....	(138)
二、激素的分类	(111)	实验十五 影响尿生成的因素	.....	(139)
三、激素的作用原理	(111)	实验十六 视力测定	.....	(140)
第二节 脑垂体	(112)	实验十七 瞳孔对光反射和近反射	.....	(140)
一、腺垂体激素及其作用	(113)	实验十八 视野测定	.....	(140)
二、神经垂体激素及其作用	(113)	实验十九 色盲检查	.....	(142)
三、脑垂体功能的调节	(114)	实验二十 声波传导途径	.....	(142)
第三节 甲状腺与甲状旁腺	(115)	实验二十一 迷路破坏的效应	.....	(142)
一、甲状腺激素	(115)	实验二十二 反射弧分析	.....	(143)
二、甲状旁腺素和降钙素	(116)	生理学教学大纲	.....	(145)
第四节 肾上腺	(117)	附录	.....	(149)
一、肾上腺皮质激素	(117)	一、生理正常参考值	.....	(149)
二、肾上腺髓质激素	(118)	二、生理常用计量单位	.....	(152)
第五节 胰岛	(119)	三、常用生理学名词中英对照及英文缩写	.....	(154)
一、胰岛素	(119)			
二、胰高血糖素	(119)			
第十二章 生命的延续与控制	(121)			
第一节 生殖	(121)			
一、睾丸的功能	(121)			
二、卵巢的功能	(121)			
三、月经周期	(122)			
四、妊娠	(124)			
第二节 节育	(125)			
生理学实验指导	(126)			
第一部分 实验须知	(126)			
一、实验课的目的与要求	(126)			
二、实验室规则	(126)			
三、实验报告的书写	(126)			
四、常用仪器及溶液简介	(126)			
第二部分 实验项目	(127)			

第一章 绪 论

生理学是研究生物体正常生命活动规律的科学。

生物体（机体）的生命活动是一种极为复杂的生命物质的运动，它包括组成生命最基本的原子、分子、细胞的运动，以及循环、呼吸、消化、排泄等器官系统，以致生物机体整体的运动等等。因此，生理学是从人体的整体，系统与器官，细胞与分子的三个不同水平上，通过对人体的客观观察和对动物的急、慢性实验，专门研究人体的生命活动规律，从而为预防和临床医学的实习及实践，提供科学的理论基础的重要学科之一。

第一节 生命活动的基本特征

生命活动是生物体所特有的，是生物体和非生物体的根本区别。人体生命活动的基本特征，包括“新陈代谢”和“兴奋性”。

一、新陈代谢

生物体与周围环境之间不断进行物质和能量交换，以实现自我更新的过程，称为“新陈代谢”。

新陈代谢包括“同化作用”（合成代谢）和“异化作用”（分解代谢）两个具体过程。同化作用是指机体从外界环境中摄取各种营养物质，合成自身成分并贮存能量的过程；异化作用是指机体分解自身成分，释放能量供生命活动所利用，同时将代谢产物排出体外的过程。物质的合成与分解，称为“物质代谢”；伴随物质代谢而发生的能量贮存、释放、转化和利用的过程，称为“能量代谢”。同化作用和异化作用是对立统一，相互制约的，物质代谢和能量代谢是紧密联系、相互依存的。生物体只有在与周围环境不断进行物质交换和能量转换的基础上，才能实现自我更新。新陈代谢一旦停止，生命即告终结。

二、兴奋性

生物体或可兴奋的组织细胞对刺激发生兴奋反应的能力或特性，称为“兴奋性”。兴奋性是一切生物体适应环境的必要条件，它是在“应激性”（对刺激可作出反应的特性）概念的基础上发展起来的。由于生物体对刺激所引起的反应形式，可以是“兴奋”、也可以是“抑制”，故兴奋只是应激性的一种表现形式，应激性的另一种表现形式是抑制，抑制不包括在兴奋性概念中。

凡能引起生物体或组织细胞发生反应的内、外环境变化称为“刺激”。机体或组织细胞接受刺激后所出现的理化性质及生理活动变化称为“反应”。

刺激引起组织反应必须具备一定的强度、作用时间和强度变率。如果强度太小，或作用时间太短，或强度变率很慢，则不会引起组织反应，或使反应减弱。例如给病人作肌肉注射时要“两快一慢”，即进针快、出针快、推药慢，“两快”是缩短了刺激作用时间，“一慢”是减慢了强度变率，从而使注射时疼痛减轻，甚至达到无痛。

在生理学中，把能引起组织发生反应的最小刺激强度，称为“阈强度”（刺激阈、阈值）。阈强度的刺激称“阈刺激”；小于阈强

度的刺激,称“阈下刺激”,大于阈强度的刺激,称“阈上刺激”。组织细胞的刺激阈大小可反应其兴奋性的高低。刺激阈值愈小,说明该组织易兴奋,也就是兴奋性高;刺激阈值愈大,说明组织细胞不易兴奋,兴奋性低。

不同的组织对刺激所作出反应的表现形式各异。神经组织的反应表现为神经干产生“神经冲动”,肌组织的反应表现肌细胞收缩,腺体组织的反应为腺细胞分泌等。各组织反应形式虽多样,但最基本的反应形式可概括为两种,即兴奋和抑制。“兴奋”是组织接受刺激后,由相对静止转为活动状态,或由弱的活动转为强的活动;“抑制”是组织接受刺激后,由活动状态转为相对静止状态,或由强转为弱的活动。组织接受刺激后,究竟发生兴奋还是抑制,主要取决于刺激的性质和量以及组织当时的兴奋性水平。

第二节 内环境及人体功能调节

一、内环境与稳态

高等动物特别是哺乳动物,它们的大多数细胞已不与多变的外环境(大气环境)相接触和进行物质交换,而是直接浸浴在细胞外液之中。细胞外液是指机体内所有细胞周围的体液,包括血浆、组织液、淋巴液等,被称为“内环境”,即细胞直接生活的环境。细胞外液中的约 $\frac{4}{5}$ 是存在于组织间隙内的组织液,另 $\frac{1}{5}$ 的细胞外液即血浆,在心、血管系统运行,是机体物质运输的主渠道,血浆既可通过毛细血管与全身各组织间液进行物质交换,又可通过肺、肾、肠、皮肤等各种途径与外环境沟通,一方面从外界摄取营养物质,另一方面清除体内代谢终产物,在实现细胞与外环境之间物质交换的同

时,维持内环境理化性质的相对稳定,为细胞提供适宜的生活环境。

内环境的组成成分与理化性质,如各种离子成分、浓度、温度、酸碱度及渗透压等,在正常情况下,只在很小范围内变动,保持相对稳定状态,称为“稳态”。稳态的概念最初只用来描述内环境理化性质的相对恒定,现已广泛用于阐述机体各种生理功能的相对稳定状态。内环境稳态,对于维持整个人体和体内所有细胞的正常功能是非常必要的。

二、人体的功能调节

机体能够保持自身稳态和适应体内、外环境变化,是通过一整套调节机构,对机体各部分进行功能调节而实现的。人体的功能调节方式包括“神经调节”、“体液调节”、“自身调节”。

(一) 神经调节

神经调节是指通过神经系统的活动对机体生理功能进行的调节。它是机体功能调节的主要方式,具有反应快而精确的特点。神经调节的基本活动形式是“反射”。反射是指人体在中枢神经系统参与下,对内、外环境变化所产生的适应性反应。如食物入口引起唾液分泌,寒冷刺激引起皮肤血管收缩等。

反射活动的结构基础,称“反射弧”。它包括感受器、传入神经、反射中枢、传出神经和效应器五个部分(图1-1)。反射弧的任何一个部分遭到破坏,该反射都将消失。

反射活动的种类很多,按形成过程和条

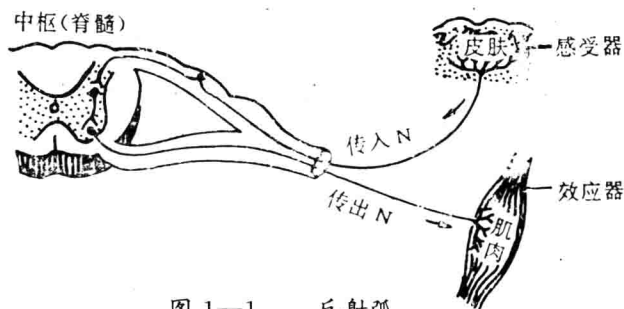


图1-1 反射弧

件的不同,可分为非条件反射和条件反射两大类。

非条件反射 如食物进入口腔引起唾液分泌,就是非条件反射。这类反射是先天遗传的,反射弧是固定的,反射中枢多位于低级中枢部位,是机体适应环境、能够生存的基本手段。

条件反射 是建立在非条件反射基础上较为复杂的反射活动,如说话时提及“酸梅”,立即引起唾液分泌。这类反射是后天获得的,反射弧是不固定的,反射中枢大多要通过大脑皮层,是一种高级的调节方式,使机体能更广泛适应环境,有预见,更灵活。

(二) 体液调节

体液调节是指激素等活性化学因子通过体液运输,对机体各组织器官发挥调节作用。激素的调节作用强而广泛,其次为组织产生的代谢产物,如 CO_2 、组织胺、5-羟色胺、腺苷等代谢产物多在组织局部发挥调节作用。

体液调节与神经调节比较,作用广泛、持久,但反应速度较慢,对调节机体新陈代谢和保持稳态具有重要作用。

在整体内体液调节与神经调节有着密切联系,体液调节常作为神经调节的延伸或补充,如很多内分泌腺的分泌活动直接或间接地接受中枢神经系统的调节,以发挥更完善的全身调节作用,这种方式称为“神经-体液调节”。

(三) 自身调节

自身调节是机体内某些组织细胞在其环境发生变化时,不依靠神经或体液调节而自身产生的适应性反应。例如,在一定范围内,动脉血压降低时,脑血管可自行舒张;而动脉血压升高时,脑血管收缩,使脑血流量不致过大变化。这种调节方式比较简单、局限。但仍有一定生理意义。

三、人体功能调节的反馈作用

上述三种调节方式中,除单向的“调节者”产生控制信息影响“被调节者”的活动

外,还存在着被调节者的活动产生“反馈信息”影响调节者的活动。因此,调节者与被调节者构成双向联系的“闭合回路”。一般将“受控部分”(被调节者)的反馈信息回传到“控制部分”(调节者)并产生不同影响,称为“反馈作用”或“反馈调节”(图1—2)。

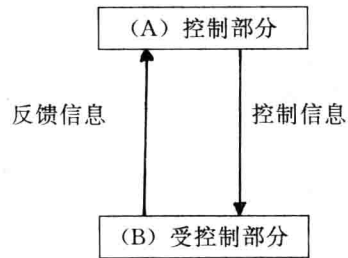


图 1—2 反馈调节示意图

根据反馈调节的作用不同又分为“正反馈”和“负反馈”。正反馈是反馈信息与控制信息作用一致的反馈,它能使某种生理功能逐步加强并尽快完成。如排尿反射过程中,尿液对后尿道的刺激,通过传入神经,可进一步兴奋排尿中枢,加强排尿活动。负反馈是反馈信息与控制信息作用相反的反馈,它能使某种生理功能在一定水平上保持相对稳定(图1—3)。如当血中甲状腺素浓度升高时,高浓度的甲状腺素,可抑制腺垂体促甲状腺激素的释放,从而减弱甲状腺素分泌,使血中甲状腺素稳定在一定水平上,不致发生过大的波动。在机体功能调节中,负反馈是大量存在的,且较为重要。

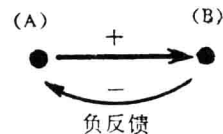


图 1—3 负反馈

第三节 生物节律

体内各种功能活动,常以一定时间顺序

发生变化。凡某种生理变化，按一定的时间重复出现，周而复始，这种变化称“节律变化”，而这类变化的节律，称为“生物节律”。

人和动物的生物节律，按出现频率的高低，分为高频、中频和低频三类节律。节律周期低于一天者，属“高频节律”，如心动周期、呼吸周期；“低频节律”为周周期、月周期和年周期，如人类的月经周期等；“中频节律”是日周期，即一天一个波动周相，如红细胞数和体温的日周期，这是最重要的生物节律。

生物节律最重要的生理意义是使生物体对环境变化作更好的前瞻性适应反应。如机体根据环境的昼夜变化，使一些生理功能和机体活动以日周期形式，有秩序、有节奏地

进行。生理学运用有关生物节律的知识，可帮助我们正确掌握和解释各种生理数据。人们在日常医疗和护理实践中，利用日周期的生理与心理变化特征对药物及护理反应强度差异，来提高治疗和护理效果。如一昼夜中，凌晨2~6点体温最低，而午后2~8点最高，但波动幅度一般不超过1℃，体温的这种周期性波动（日节律），是长时期有规律生活或工作习惯所形成的。长期从事夜班工作的人员，其周期波动呈现出夜间体温升高，而白天体温下降的情况，故护理人员，在为患者测试体温时，应注意这一周期变化的特点，以免误判体温的升、降而影响对病情的观察及治疗。

复习思考题

1. 何谓新陈代谢、同化与异化作用、物质代谢与能量代谢？

2. 何谓兴奋性、兴奋与抑制、刺激与反应、刺激阈与阈刺激？“无痛”注射法，有何理论依据？

3. 何谓内环境与稳态？

4. 机体有哪些功能调节方式？各有何特点？

5. 何谓反射与反射弧、非条件反射与条件反射？

6. 何谓反馈调节？负反馈有何生理意义？

7. 何谓生物节律？有何意义？夜间测试体温时，要注意什么？为什么？

常德卫校 王震泰

第二章 细胞的基本功能

人体是由各种各样的细胞和细胞间质构成的,人体的各种生命活动都是在细胞的基础上进行的。细胞既是构成人体的结构单位,又是人体生命活动的基本单位。因此,首先学习细胞的基本功能,有助于进一步学习器官、系统及整体的生命活动。本章主要讨论细胞膜的功能、细胞的生物电现象、细胞间的信息传递及肌细胞的收缩功能。

第一节 细胞膜的功能

细胞膜是细胞外表的一层薄膜,称为质膜。它是细胞内容物与周围环境之间的隔膜,故又称界膜。它与细胞内部各种细胞器(如线粒体、内质网、溶酶体等)的膜合称为生物膜。膜的结构主要由脂质、蛋白质和糖类构成,其分子排列,目前较公认的是“液态镶嵌模型”学说,即脂质双分子层构成膜的支架,其中镶嵌着不同生理功能的球形蛋白质,外表有连接于脂质、蛋白质上的糖类。细胞膜具有多种功能,这里仅讨论以后各章几乎都涉及到的细胞膜的物质转运功能与受体功能。

一、物质转运功能

细胞与内环境进行物质交换、以及为整个机体获得营养物质与排除废物等,都要通过细胞膜进行转运。细胞膜对物质转运可分为主动和被动转运两大类,其具体转运方式主要有以下几种。

(一) 单纯扩散

是指一些脂溶性的小分子物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散的过程。其动力依靠浓度差,不需要额外耗能,属被动转运。例如细胞获得 O_2 、排出 CO_2 属单纯扩散方式。影响单纯扩散的主要因素有两个:(1)膜两侧脂溶性物质的浓度差。浓度差大,扩散

量大;浓度差小,扩散量少;浓度差消失,扩散就停止。(2)膜的通透性。通透性是指物质通过膜的阻力大小或难易程度,如阻力小,通透性大;阻力大,通透性小。由于膜含有双层脂质分子,因此对脂溶性物质通透性大,易扩散。对水溶性物质如无机盐、葡萄糖等,就不能以单纯扩散方式通过细胞膜。

(二) 易化扩散

是指一些水溶性的小分子或离子物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散的过程。由于是顺浓度差扩散,不需要额外耗能,也属被动转运。易化扩散是水溶性物质,需要依靠膜上特殊蛋白质。目前认为,一种是载体蛋白质,简称“载体”;一种是通道蛋白质,简称“通道”。

1. 载体转运 是指依靠载体蛋白质所进行的易化扩散,主要转运水溶性的小分子物质如葡萄糖、氨基酸等。载体转运有三个特点:(1)高度特异性。即某种载体只能转运某一种物质,不能转运其它物质。(2)饱和现象。即载体转运物质的能力有一定限度,当被转运的物质超过其限度时,就不能再被转运了。(3)竞争性抑制。两种结构类似的物质,载体转运了其中一种物质,而抑制了另一种物质的转运。

2. 通道转运 是指依靠通道蛋白质所进行的易化扩散,主要转运水溶性的离子物质如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等,分别称为钠通道、钾通道、钙通道。通道转运具有一定的特异性,

但不像载体那样严格,也不表现饱和现象。通道的开关,一是决定于膜两侧电位差的改变,这种通道称电压依赖性通道;一是决定于特定化学物质的存在,这种通道称化学依赖性通道。

（三）泵转运

是指某些物质由膜的低浓度一侧向高浓度一侧转运的过程。需要依靠膜上另一类特殊蛋白质称“泵蛋白”，正像引水上山一样需要消耗能量,属主动转运。由于泵蛋白主要转运离子,故又称“离子泵”。常见的有钠泵、钾泵、氯泵、钙泵、碘泵等,可以分别逆浓度差转运 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 I^- 等物质。通过主动转运,以维持细胞内外离子的不同分布和浓度差（表 2—1）。

表 2—1 静息时细胞膜内外主要离子分布

主要离子	离子浓度(mmol/L)		膜内与膜外离子比例
	膜内	膜外	
Na^+	14	142	1 : 10
K^+	155	5	31 : 1
Cl^-	8	110	1 : 14
蛋白质(以 A^- 表示)	60	15	4 : 1

目前对于离子泵的化学本质研究比较清楚的是钠泵和钾泵,由于它们的活动是由同一种泵蛋白完成,故统称钠-钾泵,简称钠泵。它本身具有 ATP 酶的性质,当细胞内 Na^+ 浓度增高或细胞外 K^+ 浓度增高时才被激活,分解 ATP 而获得能量,从而逆浓度差将细胞内增多的 Na^+ 泵出细胞外,同时把细胞外增多的 K^+ 泵入细胞内,以维持原来的浓度差。因此,钠泵的化学物质就是一种 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 依赖式 ATP 酶。钠泵几乎普遍存在于各种细胞的细胞膜上,钠泵活动所消耗的能量

可占机体总耗能量的 20% 左右。由此可见, Na^+ 、 K^+ 的主动转运对于机体是非常重要的。

（四）入胞作用与出胞作用

入胞作用是指一些大分子或团块物质进

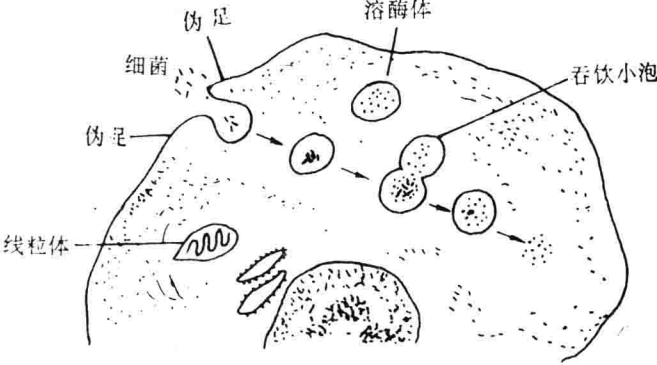


图 2—1 入胞作用示意图

入细胞内的过程。它是依靠细胞膜的运动,属主动过程。固定物质入胞称为“吞噬”,液体物质入胞称为“吞饮”。例如白细胞吞噬细菌、异物,先是细胞膜与之进行接触,然后伸出伪足将细菌包围、内陷,最后融合断裂进入胞质。在胞质内被溶酶体的水解酶将细菌消化分解（图 2—1）。

出胞作用是指一些大分子或团块物质排出细胞外的过程。也是依靠细胞膜的主动运动。例如消化腺细胞内分泌的消化酶,先是

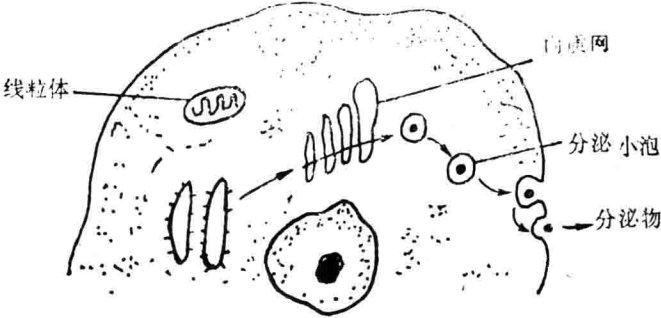


图 2—2 出胞作用示意图

形成分泌小泡,然后与细胞膜融合,再在融合处产生裂口,最后排出细胞外（图 2—2）。

二、受体功能

内分泌腺分泌的激素、神经末梢释放的

递质、以及某些药物都要与受体结合才能发挥作用。下面介绍受体的基本功能。

(一) 受体的概念

受体是细胞能接受化学信息的一类特殊蛋白质。存在于细胞膜称膜受体；存在于胞浆和胞核内分别称胞浆受体和胞核受体。

(二) 受体的基本功能

受体具有三项相互关联的基本功能：

(1) 能识别和结合特异性的化学物质，统称“配基”。如激素、递质等。即受体能分辨各种化学物质，然后与其结构上具有一定互补性的配基作特异性结合。这样，可保持细胞对特异性化学物质的高度敏感性，防止其它化学物质的干扰，使信息传递更加精确、可靠。(2) 能转发化学信息。即受体与特异性化学物质结合后，相互作用产生信息，转入细胞内。(3) 引起细胞产生相应的活动。倘若受体遇到拮抗剂作用，则表现为基本功能受到阻断。

细胞膜受体是由两个亚单位组成的：

(1) 调节亚单位。位于膜外侧面，具有识别和结合特异性化学物质的功能；(2) 催化亚单位。位于膜内侧面，某些受体是“腺苷酸环化酶”，具有转发化学信息的功能。膜受体的作用过程是(图2—3)：激素与调节亚单位结合后，腺苷酸环化酶被激活，在 Mg^{2+} 的共同作用下，细胞内的ATP转变为“环一磷酸

腺苷”(cAMP)，cAMP活性很强，可激活细胞内相应的酶系统，改变细胞膜的通透性，从而引起生理效应。因此，有人将激素等化学物质称为第一信使，将cAMP称为第二信使。cAMP作用后在细胞内经磷酸二酯酶和 Mg^{2+} 的催化，可被水解成5'-磷酸腺苷(5'-AMP)而失去活性。

进一步实验证明，作为第二信使传递信息的物质，除cAMP外，还有环一磷酸鸟苷(cGMP)、三磷肌醇(IP_3)和二酰甘油(DG)等。cGMP是为另一类激素与相应膜受体结合后，由三磷酸鸟苷(GTP)转变而成，在细胞内可引起与cAMP完全不同的生理效应。如心肌细胞在cAMP增高时收缩力增强，在cGMP增高时收缩力减弱。由此推测，细胞的正常生理活动，有时加强，有的减弱，可能与细胞内cAMP和cGMP两者浓度相应变化有关。 IP_3 和DG是由磷脂酰二磷肌醇转变而成，主要通过诱发细胞内 Ca^{2+} 贮存库大量释放 Ca^{2+} 或激活蛋白激酶而引起生理效应。至于胞浆与胞核受体的作用过程，见内分泌章。

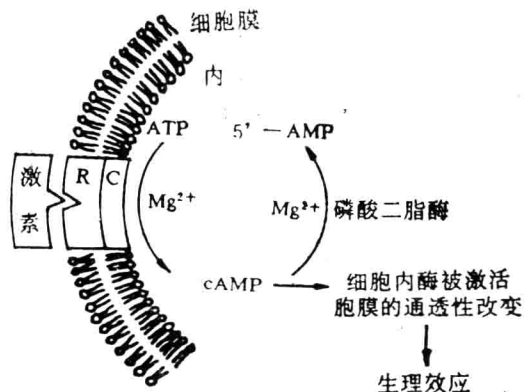
第二节 细胞的生物电现象

细胞在安静和活动时伴有的电现象，称生物电现象。它与细胞兴奋的产生和传导、肌细胞的收缩、腺细胞的分泌等功能活动都有着密切的关系。生物电现象形成的基本条件：一是决定于细胞膜内外的离子分布和浓度不同；二是决定于细胞膜在不同状态下对不同离子的通透性不同。现以神经纤维为例学习生物电的基本知识。

一、静息电位

(一) 静息电位的概念

细胞安静时存在于膜两侧的电位差，称“静息电位”。膜内为负，膜外为正。如果以膜外电位为零，则膜内电位约-70mv，即静息电位为-70mv。细胞种类不同，其数值有



R: 调节亚单位 C: 催化亚单位

图2—3 细胞膜受体结构和功能示意图

差异。

用示波器进行测量,当两个电极置于安静的神经纤维任何表面时,示波器的光点在零位线上作横向扫描,表示细胞膜表面无电位差。如果将其中一个电极(直径不足 $1\mu\text{m}$)的尖端插入膜内侧,示波器的光点立即

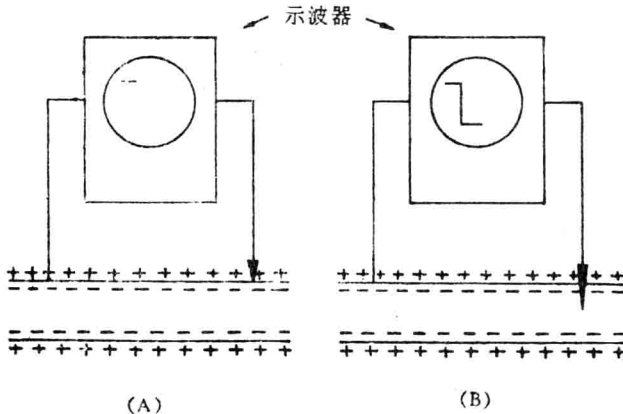


图 2—4 静息电位示意图

从零位线下降,其数值即为静息电位值(图 2—4)。

细胞安静时膜两侧电位差保持静息电位数值的状态,叫做“极化”。静息电位负值增大,叫做“超极化”;负值减小,叫做“去(除)极化”。膜内变正,膜外变负,叫做“反极化”。细胞去极化后向原来的极化状态恢复,叫做“复极化”。

(二) 静息电位的形成原理

是由于 K^+ 外流形成的“电-化学平衡电位”。因为细胞内 K^+ 浓度显著高于细胞外,安静时细胞膜对 K^+ 的通透性大,对其它正、负离子通透性小,故 K^+ 顺浓度差向细胞外扩散,负离子不能跟随扩散而被阻止在膜的内侧面,于是在紧靠膜的两侧形成内负外正。当浓度差促使 K^+ 外流的力量与电位差阻止 K^+ 外流的力量相等时, K^+ 外流即停止。因此,静息电位主要是由于 K^+ 外流形成的电-化学平衡电位,而不是膜内外 K^+ 浓度平衡。实验证明,当细胞外 K^+ 浓度增加时,细胞内

K^+ 外流减少,静息电位负值减小。

二、动作电位

(一) 动作电位的概念

细胞受刺激时,在静息电位的基础上爆发一次迅速的可传导的电位变化,称“动作电位”。其电位变化(图 2—5)包括去极化过程(上升相)和复极化过程(下降相)。上升相是细胞膜由安静时内负外正的极化状态转变为内正外负的反极化状态,电位值由 -70mV 上升到 $+30\text{mV}$,上升总幅度为 100mV 。下降相是膜内电位从反极化状态又恢复到原来的极化状态,电位值从 $+30\text{mV}$ 下降到 -70mV 。动作电位的去极化与复极化很迅速,时间短(不到 2ms),波形呈尖峰状,故又称“峰电位”。动作电位是可兴奋细胞产生兴奋的标志。

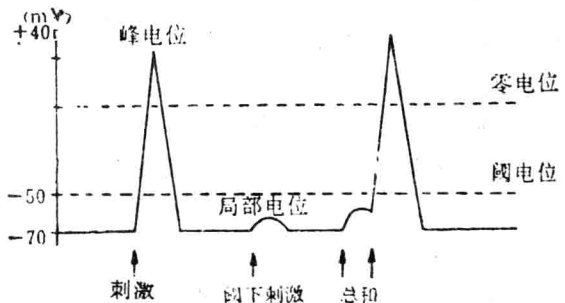


图 2—5 动作电位与局部电位示意图

(二) 动作电位的形成原理

上升相是由于 Na^+ 内流形成的电-化学平衡电位。因为细胞受到刺激时,引起膜上 K^+ 通道关闭、 Na^+ 通道开放,于是膜外 Na^+ 顺浓度差迅速地流入膜内,使膜内电位急剧升高,以至形成内正外负。当浓度差促使 Na^+ 内流的力量与电位差阻止 Na^+ 内流的力量相等时, Na^+ 内流即停止。实验证明,细胞外 Na^+ 浓度减小, Na^+ 内流减少,动作电位上升的幅值就降低。

下降相是由于 K^+ 外流形成的电-化学平

衡电位。因为上升相达到顶点时, Na^+ 通道关闭, K^+ 通道又开放, 于是膜内 K^+ 顺浓度差迅速外流, 使膜外电位上升, 膜内电位下降, 最后又恢复到原来的静息电位水平。

当复极化刚结束时, 由于膜内 Na^+ 增多, 膜外 K^+ 增多, Na^+ 泵被激活, 将细胞内增多的 Na^+ 泵出、细胞外增多的 K^+ 泵入, 恢复原来的离子浓度, 保持细胞正常的兴奋性。

(三) 动作电位的引起

阈刺激引起静息电位负值减小达到阈电位时, 从而导致动作电位的产生。因为阈刺激使细胞膜上 Na^+ 通道少量开放, Na^+ 内流引起静息电位负值减小。“阈电位”是指膜对引起动作电位的离子通道大量开放的临界膜电位值。对于神经纤维来说, 就是 Na^+ 通道的大量开放。不管刺激强度多大, 只要达到阈电位, 必然引起一个完整的同样大小的动作电位。如果刺激小于阈强度, 不能达到阈电位, 则无动作电位产生。因此, 动作电位是“全或无”式的。

神经纤维静息电位为 -70mV , 阈电位为 -50mV , 两者相差约 20mV 。如果二者距离变小, 细胞的兴奋性增高; 距离变大, 则兴奋性降低。

阈下刺激时, 使受刺激的局部细胞膜对 Na^+ 的通透性轻度增强, 静息电位负值稍有减小, 称为“局部电位”或“局部反应”(图 2—5)。局部电位与动作电位比较, 其特点是: (1) 非“全或无”式的, 能随刺激强度增大而增大。(2) 随传导距离增大而减小, 不能远传。(3) 可以总和。如果在细胞膜相邻部位同时给予几个阈下刺激(空间性总和), 或在同一点连续快速给予几个阈下刺激(时间性总和), 都可使局部电位“总和”起来达到阈电位而引起动作电位(图 2—5)。

由此看来, 动作电位可以由一个阈刺激或阈上刺激引起, 也可由几个阈下刺激总和而引起。

(四) 动作电位的传导

“传导”是指兴奋(即动作电位)在一个细胞的传播过程。兴奋在神经纤维上的传导, 称“神经冲动”。各种细胞的传导速度差异很大, 例如神经纤维传导快的可超过 100m/s , 慢的则不到 1m/s 。无论传导快慢, 其传导原理与特点是相似的。

传导原理 是细胞兴奋部位与静息部位之间产生局部电流迅速向前推进的结果(图 2—6)。即兴奋部位膜内变正、膜外变负, 与静息部位之间出现了电位差, 引起局部电流。其方向是膜外静息部位的正电荷流向兴奋部位, 膜内兴奋部位的正电荷流向静息部位, 这样使相邻静息部位膜外电位降低, 膜内电位升高(即负值减小), 当达到阈电位时, 便爆发动作电位。这个新的兴奋部位又与相邻静息部位出现了电位差, 余此类推, 动作电位即由近及远地传遍整个细胞。

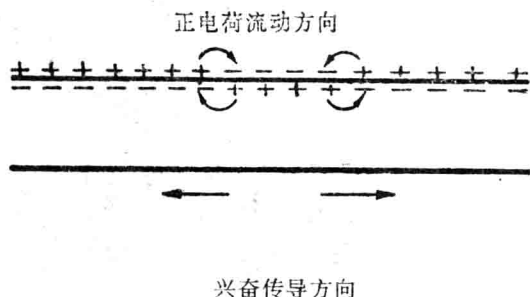


图 2—6 动作电位传导示意图

传导特点 动作电位传导具有下列两个特点: (1) 双向性传导。在整体内, 感觉传入神经纤维是将冲动由外周传入中枢, 运动传出神经纤维是将冲动由中枢传至外周。如果刺激神经纤维中段, 冲动则可向两端传导, 称为双向性传导。(2) 非衰减性传导。即动作电位传导时, 不会因距离增加而幅度减小。这是因为同一细胞各个部位膜内外离子浓度差与电位差是一致的, 所以各个部位产生的动作电位也是一样的。这对保证兴奋远距离迅速传导具有重要的生理意义。

第三节 细胞间的信息传递

人体是由多细胞组成，不仅细胞之间相互联系非常复杂，而且细胞间的信息传递也是复杂的。体内的信息有“电信息”（如动作电位）和“化学信息”（如激素、递质等）。电信息传递通常是指兴奋由一个细胞传至另一个细胞的过程，又叫兴奋传递，简称传递。这种传递大多要通过化学信息（如递质）作为中介，如神经元之间、神经元与效应器细胞之间的传递；另外，也有不需要通过化学信息，即电信息直接由一个细胞向另一个细胞传播的电突触传递。化学信息传递则必须依

赖于化学物质，其传递过程也是复杂的，大多通过体液运输，也有就近发挥作用。现分述如下：

一、神经-肌肉接头的信息传递

神经系统支配效应器，包括肌肉、腺体等，其信息传递需要通过神经冲动引起神经末梢释放递质，后者与效应器细胞的受体结合，才能发挥其调节作用。现以神经-肌肉接头的信息传递为例简介如下。

神经-肌肉接头的结构： *

躯体运动神经末梢与骨骼肌细胞之间的信息传递，是通过神经-肌肉接头传递的。神经-肌肉接头的结构包括三部分（图 2—7）。

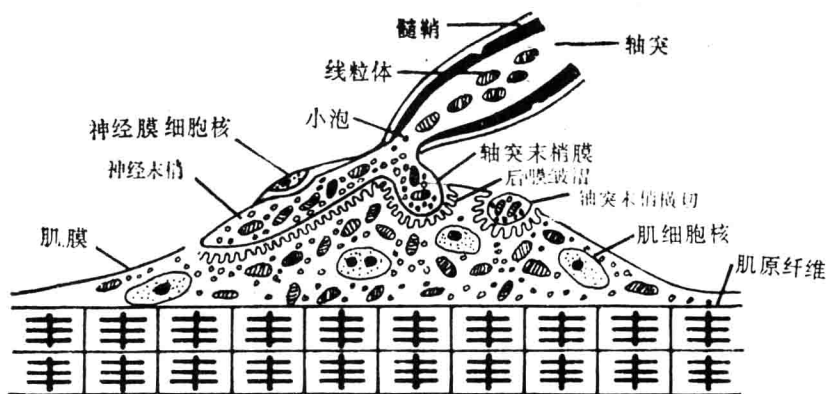


图 2—7 神经-肌肉接头的结构

1. 接头前膜 是指运动神经轴突末梢膜。当神经末梢接近肌细胞时失去髓鞘，末端稍膨大，末梢内含有许多线粒体和小泡，小泡内含有递质乙酰胆碱 (ACh)。

2. 接头后膜 又称终板膜，是指接头处的肌细胞膜。膜上含有乙酰胆碱受体和胆碱酯酶。此处膜的厚度增加，并凹陷形成许多皱褶，使接触面积扩大，有利于信息传递。

3. 接头间隙 是指接头前膜与接头后膜之间的间隙。两膜相隔约 200 埃 (Å)，说明神经-肌肉接头并不是直接连续。

(* 本书正文中小字部分，供参考，不作教学要求，全书以下同。)

神经-肌肉接头的信息传递过程

首先是神经冲动传至轴突末梢，接头前膜上的 Ca^{2+} 通道开放， Ca^{2+} 进入末梢内促使小泡释放乙酰胆碱即胞裂外排到接头间隙。然后乙酰胆碱扩散到终板膜与受体结合，使终板膜 Na^{+} 通道开放， Na^{+} 内流去极化形成终板电位 (EPP)。最后当终板电位总和达到阈电位时，爆发动作电位，引起肌细胞兴奋。

乙酰胆碱发挥作用后，被终板膜上的胆碱酯酶迅速水解为胆碱与乙酰而失去活性。因此，运动神经纤维每传来一次冲动，其末

梢释放一定量的乙酰胆碱，只能引起肌细胞一次兴奋，以保持调节作用的准确性。

由神经末梢释放的起传递作用的化学物质称为神经递质，简称递质。递质的种类很多，如外周神经末梢释放的乙酰胆碱、去甲肾上腺素等。递质必须与受体结合后才能发挥作用，有些递质与受体结合后使效应器细胞兴奋，有些递质与受体结合后使效应器细胞抑制。以后各章中几乎都要提到，在神经系统中将要详细讨论。

二、内分泌细胞与靶细胞之间的信息传递

内分泌细胞分泌激素，调节机体新陈代谢、生长发育、生殖，以及维持内环境相对稳定等功能。激素作用的细胞称靶细胞。激素到达靶细胞需要通过体液途径，主要依靠血液运输，激素发挥作用需要与靶细胞的受体结合。由此看来，内分泌细胞与靶细胞之间信息传递的特点是远距离的，需要通过体液途径运输，使激素与靶细胞受体结合，从而调节靶细胞的生理活动。至于激素的作用原理将在内分泌中讨论。

三、电突触传递

心肌细胞、内脏平滑肌细胞之间，以及

神经组织中，存在有相邻细胞间的直接电偶联，称为“电突触传递”。电突触传递的相互联系和信息传递有如下特点：①细胞间电信号传递和胞浆之间的物质交换，直接通过细胞间“缝隙连接”处的“连接膜通道”来完成；②双向传递；③快速无“延搁”，能使一群功能上相似的细胞“同步”活动；④对代谢障碍耐受性大，如酸中毒易抑制化学性传递而不易抑制电突触传递。

第四节 肌细胞的收缩功能

骨骼肌、平滑肌、心肌都具有收缩功能，收缩原理也基本相似。现以骨骼肌为例简介如下。

骨骼肌的微细结构

肌原纤维 一个肌细胞内含许多平行排列的肌原纤维，它由粗肌丝和细肌丝构成。肌凝蛋白组成粗肌丝，相当于暗带，主干伸出横桥，有ATP酶作用。细肌丝由三种蛋白组成：肌动蛋白有与横桥结合的结合点，肌钙蛋白能与Ca²⁺结合，原肌凝蛋白起着掩盖肌动蛋白结合点的作用叫“位阻效应”。细肌丝两端部分插入暗带，只有细肌丝的部位相当于明带，中间有Z线，两Z线之间为一个肌小节，一条肌原纤维有若干个肌小节。暗带中央没有细肌丝重叠的部位称H带（2—8）。

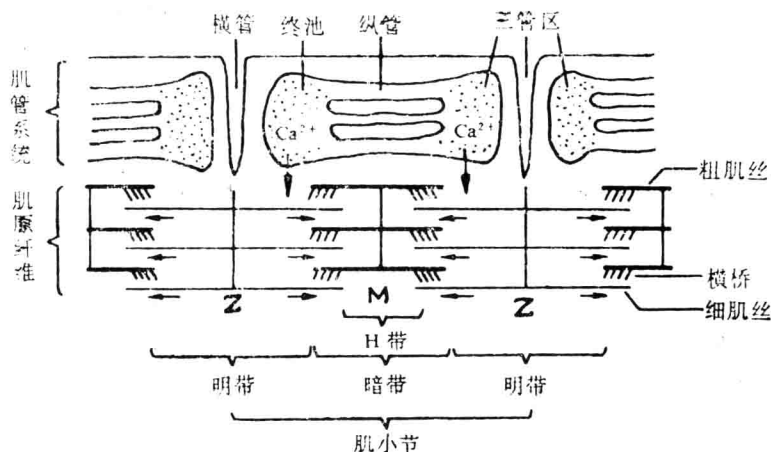


图 2—8 骨骼肌细胞微细结构与收缩机理示意图

（肌丝中箭头表示肌细胞收缩时细肌丝向暗带中央滑行的方向）

肌管系统 “横管”是由肌细胞膜陷入细胞内而形成，围绕肌原纤维，相当于Z线，能将兴奋传入细胞