

生理学

· 临床医学专业自学考试用书 ·



▶ 王 勇 李增晞等编著

▶ 光明日报出版社

高等教育临床医学专业自学考试教材
编辑委员会

主任委员：苏 力 秦永春 布日诺

副主任委员：张守英 郝兆兴 刘兆明

编 委：刘永华 刘兆明 朱士义
苏 力 吴 勇 张守英
郝兆兴 秦永春 董艳丽
谈旭吟 扎拉嘎呼
朝 克 乌 兰



出版前言

自学考试是个人自学、社会助学和国家考试并认定学历的一种新的高等教育形式,是我国现行教育体系的一个重要组成部分。实行高等教育自学考试制度是鼓励自学成才的重要措施和途径。

由于自学考试较好地解决了工学矛盾,且投资少、覆盖面广。因此,越来越受到社会各界的重视和肯定。临床医学专业自学考试,是广大初级医务工作者提高理论水平、不断更新知识的重要环节和乐于接受的一种学历教育模式。

为了提高自学考试的质量,弥补国内尚无统编“临床医学专业自学考试教材”之空白,以促进自学考试工作健康、顺利地发展,我们组织有关学科的教师、专家、教授编审出版了本套临床医学专业自学考试教材。

本教材参考全日制高等医药院校使用教材的基本内容,结合自学考试及成人教育的特点,力求使学员系统地、全面地掌握临床医学专业各学科的基本知识、基本理论和最新进展。

该套教材不仅适用于临床医学专业自学考试自学使用,也可供本专业函授教学及该专业全日制高等医药院校的教师、学生以及临床专科医师和有关科研人员参考使用。

在该套教材的编写过程中,我们吸收了目前各学科经典论著的经验,还引用了部分统编教材和国内一些自编教材的部分资料和图表,在此,谨向原作者一并表示谢意。

临床医学专业自学考试
教材编辑委员会
一九九五年二月

高等教育临床医学专业自学考试教材

《人体解剖学》

《生理学》

《病理解剖学》

《药理学》

《诊断学基础》

《内科学》

《外科学》

《妇产科学》

《中医学基础》

《儿科学》

《预防医学》

《哲学》

《生物化学》

《微生物学与免疫学》

《组织胚胎学》

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 生命的基本特征	(1)
一、新陈代谢	(1)
二、兴奋性	(2)
三、生殖	(2)
第二节 人体生理功能的调节	(2)
一、内环境与稳态	(2)
二、人体功能的调节方式	(3)
第三节 细胞膜的基本功能	(5)
一、细胞膜的化学组成和分子结构	(5)
二、细胞膜的物质转运功能	(6)
三、细胞膜的受体功能	(8)
第四节 细胞的生物电现象	(9)
一、静息电位	(9)
二、动作电位	(10)
三、动作电位的传导	(12)
第五节 骨骼肌细胞的收缩功能	(13)
一、神经肌肉接头处兴奋的传递	(14)
二、骨骼肌的收缩原理	(15)
三、骨骼肌的收缩形式	(17)
四、影响骨骼肌收缩的主要因素	(18)
第二章 血液	(20)
第一节 血液的组成、特性及功能	(20)
一、血液的组成	(20)
二、血液的理化特性	(21)
三、血液的功能	(22)
第二节 血细胞	(23)
一、红细胞	(23)
二、白细胞	(25)
三、血小板	(26)
第三节 血凝、抗凝与纤维蛋白溶解	(28)
一、血液凝固	(28)
二、抗凝系统	(29)
三、纤维蛋白溶解	(30)
第四节 血量、输血和血型	(31)
一、血量	(31)
二、血型	(31)

第三章 血液循环	(34)
第一节 心脏生理	(34)
一、心动周期与心脏的泵血功能	(34)
二、心音	(39)
三、心肌细胞的跨膜电位和电生理特性	(39)
第二节 血管生理	(44)
一、各类血管的结构和功能特点	(44)
二、血压、血流阻力和血流量	(45)
三、动脉血压与动脉脉搏	(45)
四、静脉血压与血流	(48)
五、微循环	(49)
六、组织液生成、回流与淋巴液	(50)
第三节 心血管活动的调节	(52)
一、神经调节	(52)
二、体液调节	(55)
第四节 器官循环	(56)
一、冠状循环	(56)
二、脑循环	(57)
第四章 呼吸	(59)
第一节 肺通气	(59)
一、呼吸器官的结构特征及其功能	(59)
二、肺通气原理	(61)
三、肺通气功能的测定	(63)
第二节 呼吸气体的交换	(65)
一、气体交换的动力	(65)
二、气体交换的过程	(66)
三、影响肺换气的因素	(66)
第三节 气体在血液中的运输	(67)
一、氧的运输	(68)
二、二氧化碳的运输	(69)
第四节 呼吸运动的调节	(70)
一、呼吸中枢与呼吸节律	(70)
二、呼吸的反射性调节	(71)
三、运动时呼吸功能的变化	(73)
第五章 消化和吸收	(75)
第一节 概述	(75)
一、消化的方式	(75)
二、消化道平滑肌的特性	(75)
三、消化腺的分泌	(76)
第二节 口腔内消化	(76)

一、唾液的分泌·····	(77)
二、咀嚼与吞咽·····	(77)
第三节 胃内消化·····	(78)
一、胃液的分泌·····	(78)
二、胃的运动·····	(79)
第四节 小肠内消化·····	(81)
一、胰液的分泌·····	(81)
二、胆汁的分泌与排出·····	(82)
三、小肠液的分泌·····	(82)
四、小肠的运动·····	(83)
第五节 大肠的功能·····	(83)
一、大肠液与大肠内细菌·····	(84)
二、大肠的运动和排便·····	(84)
第六节 吸 收·····	(84)
一、吸收的部位及机制·····	(84)
二、小肠内主要营养物质的吸收·····	(85)
第七节 消化器官活动的调节·····	(86)
一、神经调节·····	(87)
二、体液调节·····	(88)
第六章 能量代谢和体温·····	(92)
第一节 能量代谢·····	(92)
一、机体能量的来源和去路·····	(92)
二、能量代谢的测定·····	(92)
三、影响能量代谢的因素·····	(94)
四、基础代谢和基础代谢率·····	(95)
第二节 体 温·····	(96)
一、人体正常体温及生理变动·····	(96)
二、产热和散热过程·····	(97)
三、体温调节·····	(99)
四、机体对高温、寒冷环境的反应·····	(100)
第七章 肾脏的排泄功能·····	(102)
第一节 概 述·····	(102)
一、肾脏的结构特点·····	(102)
二、肾脏的血液循环特征·····	(103)
第二节 尿的生成过程·····	(105)
一、肾小球的滤过功能·····	(105)
二、肾小管和集合管的重吸收功能·····	(107)
三、肾小管和集合管的分泌和排泄功能·····	(110)
第三节 尿液的浓缩与稀释·····	(111)
一、尿液浓缩和稀释的基本过程·····	(111)
二、尿液浓缩和稀释的机制·····	(112)

三、影响尿浓缩和稀释的因素	(113)
第四节 肾脏泌尿功能的调节	(114)
一、抗利尿激素	(114)
二、醛固酮	(114)
三、其它因素	(116)
第五节 尿液及其排放	(116)
一、尿液	(116)
二、排尿	(117)
第八章 感觉器官	(119)
第一节 概 述	(119)
一、感受器、感觉器官及其分类	(119)
二、感受器的一般生理特性	(119)
三、具换能作用	(120)
四、具编码作用	(120)
五、具适应现象	(120)
六、敏感性可受旁侧抑制和高位中枢的调制	(121)
第二节 视觉器官	(122)
一、眼的折光系统	(122)
二、瞳孔对光反射	(124)
三、房水和眼内压	(125)
四、视网膜及其二种感光换能系统	(125)
五、与视觉有关的其它现象	(128)
第三节 听觉器官	(129)
一、传音系统——外耳和中耳的功能	(130)
二、感音系统——内耳耳蜗的功能	(131)
第四节 前庭器官	(133)
一、前庭器官的感受装置和适宜刺激	(134)
二、前庭反应	(135)
第五节 其它感觉	(135)
一、嗅觉	(135)
二、味觉	(136)
三、皮肤感觉	(136)
四、深部躯体感觉	(137)
五、内脏感觉	(137)
第九章 神经系统	(139)
第一节 同一神经元的功能活动	(139)
一、神经元的基本结构	(139)
二、神经元的功能	(140)
三、神经元所处的环境和神经胶质细胞	(140)
四、神经细胞生物电	(140)
五、神经纤维的分类	(142)

六、神经纤维的轴浆运输	(142)
七、神经元与靶细胞间的营养性关系	(143)
第二节 神经元间的相互作用与突触传递	(143)
一、突触的基本结构	(143)
二、神经递质	(144)
三、受体	(146)
四、化学突触传递的过程	(147)
五、突触传递的抑制现象	(147)
六、中枢神经元间的联系方式	(148)
七、突触传递的一般特征	(149)
第三节 神经系统的感觉分析功能	(150)
一、脊髓及其感觉传导功能	(150)
二、丘脑及其感觉投射系统	(150)
三、大脑皮质的感觉分析功能	(151)
第四节 神经系统对躯体运动的调节	(153)
一、脊髓的躯体运动反射	(153)
二、脑干对肌紧张和姿势的调节	(156)
三、小脑对躯体运动的调节	(157)
四、基底神经节对躯体运动的调节	(159)
五、大脑皮质对躯体运动的调节	(159)
第五节 神经系统对内脏活动的调节	(162)
一、交感神经系统	(162)
二、副交感神经系统	(164)
三、植物性神经系统的功能特征	(165)
四、脊髓对植物性功能的调节	(165)
五、低位脑干和小脑对植物性机能的调节	(165)
六、下丘脑对植物性机能的调节	(166)
七、大脑皮质对植物性机能的调节	(167)
第六节 反射活动的一般规律和脑的高级功能	(168)
一、反射及反射弧	(168)
二、非条件反射和条件反射	(168)
三、人类的两种信号系统	(169)
四、大脑皮质的语言中枢和一侧优势	(170)
五、学习和记忆	(171)
六、脑电图	(171)
七、皮质诱发电位	(172)
八、觉醒和睡眠	(172)
第十章 内分泌	(175)
第一节 概 述	(175)
一、内分泌的概念	(175)
二、激素的分类	(175)

三、激素作用的一般特征	(176)
四、激素作用的原理	(176)
第二节 下丘脑与垂体	(177)
一、下丘脑	(177)
二、腺垂体	(178)
三、神经垂体	(180)
第三节 甲状腺	(180)
一、甲状腺激素的合成	(181)
二、甲状腺激素的贮存、释放、转运和代谢	(181)
三、甲状腺激素的生理作用	(182)
四、甲状腺激素分泌的调节	(183)
第四节 肾上腺	(183)
一、肾上腺皮质	(184)
二、肾上腺髓质	(185)
第五节 胰岛	(186)
一、胰岛素	(186)
二、胰高血糖素	(187)
第六节 甲状旁腺、维生素 D ₃ 和甲状腺“C”细胞	(187)
一、甲状旁腺	(187)
二、维生素 D ₃	(188)
三、降钙素	(188)
第七节 其它激素	(189)
一、前列腺素	(189)
二、松果腺	(189)
第十一章 生殖	(190)
第一节 男性生殖生理	(190)
一、睾丸的功能	(190)
二、睾丸活动的调节	(191)
第二节 女性生殖生理	(191)
一、卵巢的生卵作用	(191)
二、卵巢的内分泌作用	(192)
三、卵巢功能的调节	(192)
四、月经和月经周期	(193)
五、妊娠与授乳	(193)

第一章 绪 论

生理学是研究机体正常生命活动规律的科学。人体生理学是专门研究人体正常生命活动规律的一门科学。

生理学的研究对象是机体的生命活动。机体是一切有生命个体的统称。生命活动是指机体在生命过程中所表现的一切功能活动,如呼吸、消化、血液循环、排泄、生殖、感觉、运动以及思维活动等。生理学的任务是,研究各种生命活动发生的过程,产生的条件以及机体内外环境因素对它的影响,从而认识和掌握生命活动的规律,如防病治病,增进人的健康、延长人类寿命提供科学的理论根据。

医学是防治疾病的科学,而在患病中表现出来的种种病理过程,无一不是正常生命活动发生量变和质变的结果,只有掌握正常生命活动的规律,才有可能去探索病理变化的规律。我们学习人体生理学这门课程,正是为了给进一步学习有关课程特别是医学专业课程打下牢固的生理学基础。

人体的结构和功能极其复杂,对生命活动的研究必须在三个不同层次上进行。这三个层次是:①整体水平,②器官与系统水平,③细胞及分子水平。

生理学研究的三个层次,可以大体反映生理学研究的史。早期生理学的研究主要是整体水平的观察。从1628年威廉·哈维(W. Harvey)的《论心脏和血液的运动》一书问世后的200多年中,生理学在器官与系统水平积累了大量的知识。到本世纪50年代,由于研究方法的深入和新技术的应用,生理学的研究进入细胞及分子水平。生理学三个水平的研究是相互联系和相辅相成的。只有宏观与微观相结合,分析与综合相结合,才能全面、正确地认识完整机体生命活动的规律。

机体是一个完整统一的整体,并与环境保持密切的联系。人类的各种功能活动还受语言、文字以及心理和社会因素的影响。因此,我们在学习生理学时,必须以辩证唯物主义思想为指导,用对立统一的观点去看待机体的一切功能活动;应把人体作为包括自然环境和社会环境在内的生态系统的组成部分,从生物的、心理的、社会的水平来综合观察和理解人体的生命活动。此外,生理学是门实验科学,许多重要的生理学知识都来自动物实验。这些实验的结果应用于人体得到验证而被确立下来。因此,学习生理学,既要学好理论知识,也要重视实验,通过实验不仅可以了解理论知识的来源证明理论的真实性,以加深对理论知识的理解,而且能培养我们观察、分析和解决问题的能力。

第一节 生命的基本特征

新陈代谢、兴奋性和生殖是各种生物体,包括人体生命活动的基本特征。

一、新陈代谢(metabolism)

生命物质或机体与其周围环境之间所进行的物质交换和能量转换的自我更新过程,称为新陈代谢。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(Metabolism of matter),又有能量代谢(metabolism of energy)。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。

二、兴奋性(excitability)

(一)反应(response)

当环境发生变化时,生物体内部的代谢及外表的活动将发生相应的改变,这种改变称为反应。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(excitation);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(inhibition)。单个细胞或组织对环境变化的反应比较简单;而完整机体对环境变化的反应形式则很复杂,由于不同的组织、器官的功能分化,机体各部分通常呈协调配合的活动,既有兴奋也有抑制,最终完成具有适应性意义的整体性反应。

(二)刺激(stimulus)

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:强度、作用时间和强度——时间变化率。把这三个条件作不同大小的组合,可以形成各种各样的刺激。通常多用刺激强度作为判定组织兴奋性高低的客观指标。以肌肉收缩为例,如果刺激作用时间和强度——时间变化率不变,逐渐加大刺激强度,可以测得刚能引起肌肉收缩的最小刺激强度。这个刚能引起组织(肌肉)产生反应(收缩)的最小刺激称为阈刺激,其强度称为阈强度简称阈值(threshold)。不同组织或同一种组织处于不同机能状态都会有不同的阈值。小于阈值的刺激称为阈下刺激,大于阈值的刺激称为阈上刺激。要引起组织兴奋,一次刺激的强度必须等于或大于该组织的阈值。阈值的大小与组织兴奋性高低呈反变关系,组织的阈值愈大说明该组织兴奋性愈低。反之组织的阈值愈小说明该组织兴奋性愈高。神经、肌肉、腺体三种组织的兴奋性较高,受刺激产生兴奋时不但反应迅速而明显,而且伴有动作电位产生,生理学上称为可兴奋组织。

(三)兴奋性

一切活细胞、组织或机体都具有对刺激产生反应的特性,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,说明这一组织容易产生兴奋,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。

三、生殖(reproduction)

生物体生长发育到一定阶段后,能够产生与自己相似的子代个体,这种功能称为生殖。单细胞生物通过一个亲代细胞分裂为两个子代细胞而完成生殖过程。高等动物则由雄性与雌性的生殖细胞结合以生成子代个体,生物个体的寿命是有限的,只有通过生殖过程进行自我复制才能达到种系的延续。

第二节 人体生理功能的调节

一、内环境与稳态

一切生物体必须在一定的环境中才能有生命,人体总是处在经常变动的外环境中,这个外环境

包括自然环境和社会环境。外环境变化形成的刺激不断地作用于人体,使人体不断地作出反应以适应环境进而改造环境。这个过程是人体与外环境之间的统一。实际上这种统一只是相对的和暂时的,因为随着外环境的不断变化,原来的统一会被破坏,人体又要做出新的反应,使人体与外环境之间在新的水平上取得新的统一。

(一)内环境的概念和作用

作为人体生命活动基本单位的细胞,绝大部分不与外界自然环境接触,它们生存在细胞外液中,所以细胞外液就是细胞周围的环境。它有一个特定的名称,称为内环境(internal environment)。它是相对于人体所处的外环境而言的。

内环境对细胞的生存与维持正常生理功能十分重要。一方面它是细胞进行新陈代谢的直接场所。细胞代谢所需的 O_2 及营养物质只能直接从内环境中摄取,而代谢产生的 CO_2 及代谢尾产物也只能直接排到内环境中,然后通过血液循环的运输,由呼吸系统及排泄器官排出体外。另一方面它又是细胞生活与活动的场所,它必须给细胞创造一个适宜的环境,提供细胞正常生存与活动所必需的理化条件。

(二)稳态的概念和意义

内环境与不断变化着的外环境不同,它的特点就是经常保持相对的恒定。这种内环境的相对恒定状态称为稳态(homeostasis)。稳态包括两方面的含义:一方面是指细胞外液的理化特性总在一定水平上恒定,不随外环境的变化而变化。如温度,自然环境有春夏秋冬的变化,但人体内的温度总是维持在 $37^{\circ}C$ 左右。另一方面是指这个恒定状态并不是固定不变的,它是一个动态平衡,是在微小波动中保持相对恒定的。因此可以说稳态是一个相对稳定的状态。

内环境稳态的维持是一个复杂的生理过程。一方面外环境变化的影响和细胞的新陈代谢不断破坏内环境的稳定。另一方面通过人体器官的活动与调节又使破坏了稳态得以恢复。从这个意义上说,人体的生命活动正是在稳态的不断破坏和不断恢复的过程中得以维持和进行的。如果稳态不能维持,内环境的理化条件发生较大变化并超过人体的调节能力,就会威胁到人体的正常功能,还可导致生病甚至死亡。比如临床上的酸中毒,就是内环境的 H^+ 浓度超过正常界限,破坏了内环境的正常酸碱环境,如不迅速纠正将会产生严重后果。因此稳态的维护是极其重要的。人体的各种生理功能都是为了维持稳态,给组织细胞提供一个适宜而稳定的生活环境,以利于它们发挥正常的生理功能。

无论人体与外环境之间的协调统一,还是人体内的稳态维持都是通过人体的调节来实现的。

二、人体功能的调节方式

机体能保持其自身的稳态和对环境的适应,这是因为机体有一整套调节机构,它能对各种生理功能进行调节。调节是指机体根据体内外的变化来调整和节制体内的活动,使机体内部以及机体与环境之间达到平衡统一的生理过程。

(一)神经调节(neuroregulation)

由神经反射参与的调节称为神经调节。它在整体性调节中起主导作用。神经调节的基本方式是反射(reflex)。所谓反射是指通过中枢神经系统,机体对刺激产生的规律性反应。显然反射是一种复杂而规律的反应,只有具备完善的神经系统的动物才具有反射活动。作为整体,人类的一切生理活动可以说都是反射活动。

完成反射的结构基础称为反射弧(reflex arc)。它通常包括感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器五个部分(图1-1)。每一种反射,都有一定的反射弧,所以一定的刺激使引起一定的反射活动。反射弧的任何一个环节遭到破坏,都将使相应的反射消失。反射活动的种类很多,按其形成的过

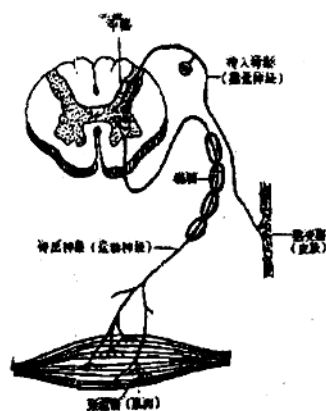


图 1-1 反射弧模式图

程和条件的不同,可分为非条件反射(unconditioned reflex)和条件反射(conditioned reflex)两种。

非条件反射是先天就有的,反射弧及反应都比较固定的一种反射。多为人和动物维持生命的本能活动。如食物直接刺激口腔引起的唾液分泌,用针刺手引起的迅速缩手动作就是非条件反射的例子。

条件反射则是在非条件反射的基础上建立的一种反射,是后天获得的。它在刺激性质与反应的关系上是可变的。如狗吃食物引起唾液分泌是非条件反射,灯光不能引起狗的唾液分泌称为无关刺激。但是如果在狗进食前给以灯光照射,经过若干次这样的结合后,单纯灯光照射也能引起狗的唾液分泌。这就是在一定条件下建立起来的反射。如果灯光与进食不再结合,灯光就不能引起狗的唾液分泌了。显然条件反射的建立进一步扩大了

人们适应环境变化的范围与能力。关于这方面的知识,在神经系统一章中还要介绍。

(二)体液调节(humoral regulation)

通过体液中化学物质的作用进行的调节称为体液调节。在人体内主要是指血流中激素参加的调节。由内分泌腺或散在的内分泌细胞分泌的激素,经过血液循环的运输,到达被调节的细胞或器官(叫做靶细胞或靶器官),调节它们的功能状态。

大部分内分泌腺的分泌,也是直接或间接地处于中枢神经系统的调节之下。此时,体液调节只不过是作为反射弧的传出部分的一个中间环节来发挥作用。这种情况又可称为神经-体液调节。如图 1-2 所示。

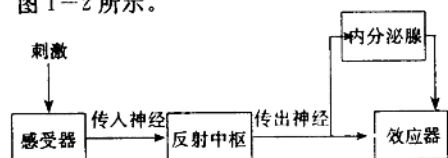


图 1-2 神经-体液性调节示意图

(三)自身调节(autoregulation)

自身调节是指组织细胞不依靠神经和体液而由自身对刺激产生的适应性反应。它的反应一般比较局限。如肌肉的初长度对肌肉收缩力的调节作用等。

神经调节产生的效果快而准确,但持续时间短,很快消失。这是因为神经冲动的传导速度快,而且神经末梢与效应器细胞成对应性联系。体液调节产生的效果慢而广泛,一般有一个较长的潜伏期,但是它的作用时间比较长。这是因为血液运输所需的时间要比神经传导的时间慢的多,而且激素可以随着血液流向体内各个部位。自身调节只局限于少部分细胞或组织内,它的影响范围和反应强度较小,对刺激的敏感性也较低,但它对某些生理功能的调节仍具有一定的意义。

(四)反馈联系(feed back)

神经调节或体液调节对效应器(包括靶组织)进行了调节,调节的效果如何,究竟是过度或不足,往往还要由效应器发出反馈信息——或者是效应器本身的或邻近的感受器发出的传入冲动,或者是效应器活动的某种后果,又回头作用于发出神经调节或体液调节的中枢,以便随时纠正和调整神经调节或体液调节,使之更为精确,这种联系叫做反馈联系。如图 1-3 所示。

反馈联系又分为两类:凡是反馈信息是抑制,即减弱神经调节和体液调节的,叫做负反馈(negative feed back);凡是反馈信息是增强神经调节或体液调节的,叫做正反馈(positive feed back)。

在人体内,凡是要使某种功能保持一定的相对恒定的水平,往往需要通过负反馈联系才能完



图1-3 机体功能的自动控制示意图

成。因而人体内有多种负反馈联系。例如脑下垂体前叶分泌的促甲状腺素作用于甲状腺，使甲状腺分泌甲状腺激素，甲状腺激素通过血液循环又回头作用于脑下垂体前叶而抑制促甲状腺素的分泌，这就是一种负反馈联系。通过这种负反馈联系，就可使血中甲状腺激素的含量维持于正常水平。

正反馈联系比较少见，它可以加速某种过程的进行。如在分娩时，脑垂体后叶分泌的催产素使子宫收缩，使胎头压向子宫颈而扩张子宫颈，就使子宫颈的感受器发出大量的传入冲动，反射性促进催产素的分泌，又进一步的加强子宫收缩，直至胎儿娩出，这就是一种正反馈的联系。

第三节 细胞膜的基本功能

细胞是人体和其他生物体的形态结构、生理功能和生长发育的基本单位。人体内各器官、系统的生命现象都是在细胞的基础上进行的。因此，要了解整个人体和各系统、器官生命活动的根本道理，首先学习细胞的基本功能是很有必要的。

一、细胞膜的化学组成和分子结构

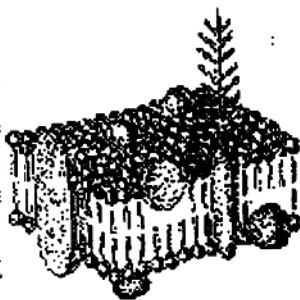
各种细胞的细胞膜都可分为内、中、外三层结构：内、外两层各厚约 2.5nm，为电子密度大的致密带；中层为厚约 2.5nm 电子密度小的疏松带。三层总厚度约为 7.5—9.0nm，细胞膜的这三层结构不仅见于各种细胞的细胞膜，也见于细胞内各种细胞器的膜性结构，如内质网膜、线粒体膜、核膜、高尔基复合体膜，等等。因此，膜的三层结构被认为是细胞中普遍存在的基本结构，称为单位膜，或称生物膜。

细胞膜主要由脂类和蛋白质组成。哺乳动物细胞膜中还有一定成分的糖类，它们与蛋白质和脂类结合，分别形成糖蛋白和糖脂。

关于细胞膜的分子结构，目前较公认的是“液态镶嵌模型”学说。这个学说认为细胞膜是一个可塑的、流动的两层脂质分子和嵌入的球状蛋白质构成的膜状结构(图 1-4)。

(一) 脂质双分子层

在膜的脂质中，磷脂约占 70% 以上，胆固醇一般低于 30%。脂质在膜中是以双分子层形式存在的。在双分子层模型中，每一个脂质分子的一端为亲水极，另一端为疏水极。亲水极是由磷酸和碱基构成的基团组成，它们都朝向细胞膜的外表面和内表面；疏水极则由脂肪酸烃键组成，它们都朝向双分子层的内部，两两相对地排列。从热力学角度看，脂质分子这种定向而整齐的安排最为稳定。而且脂质的熔点较低，在一般体温条件下呈液态，这就使膜具有流动性，使嵌入的蛋白质可以在脂质双分子层中作横向移动。



膜的流动性与脂质的成分有关，一般是含胆固醇愈多，流动性愈小；含不饱和脂肪酸愈多，流动性愈大。

图 1-4 细胞膜的液态镶嵌模型

(二) 细胞膜蛋白质

膜上的蛋白质主要是 α 螺旋结构的，因此都是球形蛋白质(即 α 蛋白质)。它们嵌在脂质双分子

层中,有的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的为多。

细胞和周围环境之间的物质交换、能量交换以及信息交流,大多与细胞膜上的蛋白质有关。细胞膜蛋白质的功能有以下几类:有的与细胞膜的物质转运功能有关,如下面将提到的“载体”、“通过”和“离子泵”等;有的与细胞膜的“辨认”功能以及接受环境中特异的化学刺激有关,这类蛋白质统称为“受体”;有的膜蛋白质属于膜内酶类,如几乎在所有细胞膜的内侧面都有腺苷酸环化酶,可影响细胞内的各种生理过程;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。总之,不同细胞都有它特有的膜蛋白质,由此决定细胞在功能上的特异性。

(三)细胞膜糖类

细胞膜中的糖类主要是寡糖和多糖,它们以共价键的形式和膜内脂质或蛋白质结合成糖脂或糖蛋白。糖脂和糖蛋白上的糖键,绝大部分裸露在膜的外表面。由于这些糖链具有特异的化学结构,因而可作为细胞的“标记”,其中有的可作为膜受体的“识别”部分,特异性地和某种激素或递质分子相结合;有的作为抗原物质,表示某种免疫信息。例如,人的红细胞表面的血型抗原物质,都是一些糖蛋白,由于其中糖链的化学结构不同,可被分为A、B等几种,因而血型也相应的被分为A、B、O等型。

二、细胞膜的物质转运功能

根据液态镶嵌模型学说,细胞膜主要是由液态双分子层的脂质构成的,因此理论上只有脂溶性物质才能通过。但事实上,细胞在新陈代谢过程中,不断地有各种各样的物质(其中多数是水溶性的)进出细胞,说明细胞膜具有复杂的物质转运功能。为了说明细胞膜的转运功能,曾经提出各种假说。目前较肯定的说法是:大多数物质进出细胞,都与膜上特定的蛋白质有关;至于一些团块物质或液体进出细胞,则与膜的伪足形成、膜暂时断裂和再融合等更复杂的生物学过程有关。

常见的细胞膜物质转运形式有以下几种:

(一)单纯扩散(simple diffusion)

单纯扩散是指一些脂溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧移动的过程。影响单纯扩散的主要因素有两个:①膜两侧的溶质分子浓度梯度(浓度差)。浓度梯度大,物质顺浓度梯度扩散就多;浓度梯度消失,扩散就停止。②膜对该物质的通透性(permeability)。通透性是指物质通过膜的阻力大小或难易程度,如阻力小容易通过,则通透性大;反之,则小。由于细胞膜的基本结构是脂质双分子层,因此,对脂溶性高的 O_2 和 CO_2 等物质通透性大,扩散容易;对脂溶性低的物质通透性小,就难以扩散;非脂溶性的水和葡萄糖等物质,就不可能以单纯扩散的方式通过细胞膜。

(二)易化扩散(facilitated diffusion)

易化扩散是指一些水溶性物质,依靠细胞膜上镶嵌于脂质双分子层中特殊蛋白质的“帮助”,顺浓度梯度或顺电位梯度(电位差)扩散的过程。它将本来不能或极难进行的跨膜扩散变得容易进行,所以叫做易化扩散。目前认为,参与易化扩散的镶嵌蛋白质有两种类型:一种是载体蛋白质参加的载体运输(carrier transport);另一种是通道蛋白质参加的通道运输(channel transport)。

1. 载体运输 如图1-5所示,这种载体蛋白质像渡船一样,从膜的一侧结合处于较高浓度的物质,可能通过它本身构型的变化或转动将该物质摆渡通过细胞膜到达膜的较低浓度的另一侧,再与物质分离。所以载体蛋白质在运输中并不消耗。某些小分子亲水性物质如葡萄糖、氨基酸就是依靠这种方式进出细胞内的。

2. 通道运输 如图1-6所示,这种运输是在镶嵌于膜内的通道蛋白质的帮助下完成的。通道蛋白质好像贯通细胞的一条管道,开放时,物质从高浓度一侧经过管道向低浓度一侧扩散。关闭时,

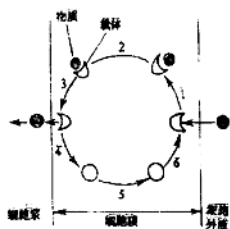


图 1-5 载体运输示意图

- 1: 物质与载体结合
- 2: 物质载体复合物由膜外侧运到膜内侧
- 3: 物质与载体分离, 物质进入细胞
4. 5: 载体呈非活化状态
- 6: 载体呈活化状态

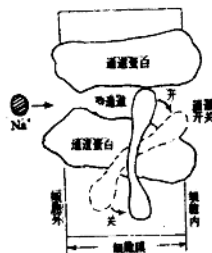


图 1-6 钠通道模式图

虽然膜两侧存在物质的浓度梯度, 物质也不能通过细胞膜。各种带电离子如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 等就是通过这种方式进出细胞的。通道蛋白质是在某些化学物质如激素、递质作用下, 或在膜电位改变的情况下改变构型, 使其中的通道开放或关闭的。由化学物质引起开或关的通道称为化学依从式通道, 由膜电位改变引起开或关的通道称为电压依从式通道。

通道的开放或关闭一般都十分迅速, 当某种化学物质出现并达到一定量时, 或者膜电位变化达到一定强度时, 通道会突然开放或关闭, 因此物质的扩散迅速, 扩散量瞬间达到最大。

易化扩散具有以下特点: ①特异性。即某种载体只选择性地与某物质作特异性的结合。某种通道只允许某种物质通过。②饱和现象。即膜两侧的物质浓度差增加到一定程度后, 再增加物质浓度差, 物质的扩散量也不会再增加。这是因为载体通道的数量有限, 所以载体与物质的结合点、通道能够通过物质数量也有限的缘故。③竞争性抑制。如果一个载体能够同时运载 A 和 B 两种物质, 或者 A 和 B 两种物质共同使用一个通道, 则 A 物质扩散量增加时, B 物质的扩散量就会减少。这是因为量多的 A 物质占据了载体与物质结合点或通道的缘故。易化扩散是细胞膜物质转运的一种极其重要的形式, 人体许多的重要生理功能, 例如营养物质进入细胞、生物电的产生、兴奋的传导以及肌肉的收缩等都与易化扩散有密切关系。另外, 由于易化扩散可以调控, 所以通过调控载体与物质的结合或者通道的开关就可以控制物质能否进出细胞以及进出细胞的数量, 从而调整人体的功能, 这不仅具有理论意义, 而且有很重要的实际价值。

(三) 主动转运(active transport)

上述两种扩散都是顺浓度梯度不消耗能量的被动性的转运过程, 而主动转运是被称作“泵”的膜蛋白质, 将某种物质从低浓度的一侧通过细胞膜主动转运到高浓度一侧的过程, 这是一种消耗能量的过程。

主动转运是一种十分重要的物质转运形式。它的意义在于细胞可以根据生理需要主动选择对物质的吸收或排出, 而不受细胞内外物质浓度梯度的影响。如对细胞功能很重要的 K^+ , 细胞内比细胞外要高许多倍, 而一些细胞需要量较少的 Na^+ 、 Cl^- 则细胞内比细胞外要低的多, 维持这种细胞内外离子的不均匀分布是细胞膜主动转运的结果。而细胞内外各种离子的分布不均又是神经、肌肉等组织细胞兴奋性的物质基础, 具有广泛而重要的生理学意义。

目前知道比较清楚的是 Na^+ 、 K^+ 的主动转运过程。它是由普遍存在于细胞膜中的一种叫做钠泵(sodium pump)的物质完成的。这种结构经研究证明就是镶嵌在膜中的某种特殊蛋白质。它的作