

中等医学专业教材

生理学

(供医士、护士专业用)

主编 卢广泉 周宝龙 刘焕珠
主审 刘明远 杨永录 赵锁安



前 言

本书由解放军济南、广州、吉林、石家庄、兰州等五所医学高等专科学校联合编写而成。该教材从我军需要和教学改革的实际要求出发,以培养实用型人材为指导思想,突出基本理论、基本知识、基本技能的训练,注重补充必要的新观点、新理论、新技术。本书内容新颖,具有一定的深度和广度,分量适中,取舍合理,通俗易懂,非常适宜于中等卫生专业教学的实际需要。

全书分13章。前12章为国家卫生部要求的生理学共同训练内容;第13章是根据部队的特点,从未来战争的需要出发而增加的内容,着重介绍某些特殊环境,如高原(或高空)、潜水、高温、寒冷环境等对部队人员生理机能的主要影响。

在本书编写出版过程中,解放军济南医学高等专科学校的各级领导给予了大力支持,在此表示感谢。本书的绝大部分插图由苏武勇、徐漪、臧晓丽、张道生绘制。此外,王月燕、严云、张秀琳、刘改香、董承海、刘海瑛、王颖、任崇余等同志参加了抄写及校对工作,使本书得以顺利出版,深表感谢!

解放军济南医学高等专科学校 卢广泉

1994年12月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生命活动的基本特征	(1)
一、新陈代谢	(1)
二、兴奋性	(2)
第二节 内环境与稳态	(3)
第三节 人体功能活动的调节	(4)
一、人体功能活动调节的方式	(4)
二、机体调节活动中的反馈作用	(6)
第二章 细胞的基本功能	(7)
第一节 细胞膜的物质转运功能	(7)
一、细胞膜的基本分子结构	(7)
二、细胞膜的物质转运功能	(7)
三、细胞的受体功能	(9)
第二节 生物电现象	(9)
一、静息电位	(9)
二、动作电位	(11)
第三节 兴奋的传导和传递	(12)
一、兴奋在神经纤维上的传导	(12)
二、兴奋由神经向肌肉的传递	(13)
第四节 骨骼肌细胞的收缩功能	(14)
一、骨骼肌细胞的结构特点	(14)
二、肌肉收缩原理	(15)
三、骨骼肌收缩的形式	(16)
第三章 血液	(18)
第一节 血液的组成、理化特性与功能	(18)
一、血液的组成	(18)
二、血液的理化性质	(18)
三、血液的功能	(21)
第二节 血细胞	(21)
一、红细胞	(21)
二、白细胞	(23)
三、血小板	(24)
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(25)

一、血液凝固	(25)
二、纤维蛋白溶解	(28)
第四节 血量、输血和血型	(29)
一、血量与输血	(29)
二、血型	(30)
第四章 血液循环	(32)
第一节 心脏生理	(32)
一、心脏的泵血功能	(32)
二、心肌生物电现象及心肌生理特性	(37)
第二节 血管生理	(43)
一、动脉血压与动脉脉搏	(43)
二、静脉血压和静脉回心血量	(46)
三、微循环和组织液、淋巴液循环	(47)
第三节 心血管活动的调节	(50)
一、神经调节	(50)
二、体液调节	(52)
第四节 器官循环	(54)
一、冠脉循环	(54)
二、肺循环	(54)
三、脑循环	(55)
第五章 呼吸	(56)
第一节 肺的通气	(56)
一、肺通气的动力	(57)
二、肺通气的阻力	(58)
三、肺通气功能	(59)
第二节 气体的交换和运输	(61)
一、气体的交换	(61)
二、气体的运输	(63)
第三节 呼吸运动的调节	(65)
一、呼吸中枢	(66)
二、呼吸反射	(66)
第六章 消化与吸收	(68)
第一节 消化	(68)
一、口腔内的消化	(68)
二、胃内的消化	(69)
三、小肠内的消化	(72)
四、大肠内的消化	(74)

第二节 吸收.....	(75)
一、吸收的部位.....	(75)
二、各种主要营养物质的吸收.....	(75)
第三节 消化器官活动的调节.....	(77)
一、神经调节.....	(78)
二、体液调节.....	(80)
第七章 能量代谢和体温.....	(82)
第一节 能量代谢.....	(82)
一、机体能量的来源和去路.....	(82)
二、能量代谢的测定.....	(82)
三、影响能量代谢的因素.....	(84)
四、基础代谢.....	(84)
第二节 体温及其调节.....	(85)
一、体温的正常值及其生理变动.....	(85)
二、机体的产热和散热.....	(86)
三、体温调节.....	(88)
第八章 肾脏的排泄.....	(90)
第一节 尿液.....	(90)
一、尿量.....	(90)
二、尿液的理化性质.....	(91)
三、尿液的化学成分.....	(91)
第二节 尿的生成过程.....	(92)
一、肾小球的泌尿功能.....	(92)
二、肾小管的泌尿功能.....	(94)
三、影响尿生成的因素.....	(98)
四、尿的浓缩和稀释.....	(99)
第三节 肾脏泌尿功能的调节.....	(100)
一、肾小球泌尿功能的调节.....	(100)
二、肾小管泌尿功能的调节.....	(101)
第四节 尿的贮存和排放.....	(103)
一、尿的输送和贮存.....	(103)
二、排尿反射.....	(103)
第九章 神经系统.....	(105)
第一节 神经元和反射中枢.....	(105)
一、神经元和神经纤维.....	(105)
二、反射中枢活动的基本规律.....	(106)
第二节 神经系统的感觉功能.....	(111)

一、感受器	(112)
二、感觉投射系统	(113)
三、丘脑和大脑皮层的感觉分析功能	(114)
四、痛觉	(116)
第三节 神经系统对躯体运动的调节	(118)
一、脊髓的运动功能	(118)
二、脑干网状结构对肌紧张的调节	(119)
三、小脑对运动的调节	(121)
四、大脑皮层对运动的调节	(121)
第四节 神经系统对内脏活动的调节	(123)
一、植物性神经的组成及结构特点	(123)
二、植物性神经的分布及功能	(123)
三、植物性神经末梢的化学传递	(125)
四、植物性神经各级中枢对内脏的调节	(128)
第五节 脑的高级功能与脑电图	(129)
一、条件反射	(129)
二、人类条件反射的特征	(131)
三、脑电图	(132)
四、睡眠与觉醒	(134)
第十章 感觉器官	(136)
第一节 视觉器官	(136)
一、眼折光系统的功能	(136)
二、眼感光系统的功能	(139)
三、与视觉有关的几个问题	(140)
第二节 位听觉器官	(142)
一、外耳的功能	(142)
二、中耳的功能	(142)
三、内耳耳蜗的功能	(143)
四、内耳前庭器官的功能	(145)
第十一章 内分泌	(147)
第一节 概述	(147)
一、激素作用的特征	(147)
二、激素的分类	(148)
三、激素作用原理	(148)
第二节 下丘脑与脑垂体	(149)
一、下丘脑与脑垂体的功能联系	(149)
二、腺垂体	(150)

三、神经垂体	(152)
第三节 甲状腺	(153)
一、甲状腺激素的生理作用	(154)
二、甲状腺功能的调节	(155)
第四节 肾上腺	(156)
一、肾上腺皮质	(156)
二、肾上腺髓质	(158)
第五节 胰岛	(159)
一、胰岛素	(159)
二、胰高血糖素	(160)
第六节 甲状旁腺激素、维生素D ₃ 和降钙素	(161)
一、甲状旁腺激素	(161)
二、维生素 D ₃	(162)
三、降钙素	(162)
第十二章 生殖	(164)
第一节 男性生殖	(164)
一、精子的生成	(164)
二、睾丸的内分泌功能	(164)
三、睾丸功能的调节	(165)
第二节 女性生殖	(165)
一、卵巢的功能	(165)
二、月经周期	(166)
三、妊娠	(169)
第十三章 特殊环境生理	(171)
第一节 高空(原)缺氧	(171)
一、缺氧的概念与分类	(171)
二、高空(原)环境对机体的影响	(172)
第二节 潜水对生理功能的影响	(174)
一、水下低温对机体的影响	(174)
二、水下对视觉和听觉的影响	(175)
三、水下高压对机体各系统的影响	(175)
第三节 炎热气候对生理功能的影响	(176)
一、炎热条件下的生理反应	(176)
二、热适应与热习服	(178)
第四节 寒冷气候对生理功能的影响	(179)

第一章 绪 论

生理学为生物学的一个分支,是研究机体生命活动规律的一门科学。人体生理学着重研究正常人体生命活动规律。

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、血液循环、消化、排泄、生殖等。每一生命活动,都有一定活动规律,它包括产生原因,发展及活动过程,体内、外环境因素对它的影响等。这些都是生理学研究的内容。

生理学是重要的医学基础课程之一。因为只有掌握正常人体活动规律,才能进一步分析了解疾病的发生、发展规律,为做好临床工作打好基础;学习医学只有学习好生理学,才能进一步学习好病理、药理等后续课程。

当前,对生命活动的研究是在三个层次上进行的,即整体水平、器官系统水平和细胞分子水平。三种研究水平都具有同等重要性,但也各有其优缺点。前两种比较接近整体活动情况,对一些生命现象的描述直接、易懂、切合实际,其缺点是不够深入;分子细胞水平是着重用来对生命活动机理的深入探讨,但又脱离整体。实际上对任何一种生命现象的理解,都是三种水平研究的综合结果。

生理学是一门实验科学。生命活动知识可以从生活实践与临床实践中获得,但主要还是从生理实验中总结出来的。所谓实验,是在人工控制条件下,对某些生理活动施加各种影响,以观察它的变化规律。实验的目的有两个,其一是通过实验来验证生命活动理论的正确性,帮助学员理解记忆;其二是通过实验结果分析、推理、深入揭示各种生理现象的发生发展的原理和机制,从而不断丰富生理学理论知识,推动生理学的发展。因此,学习生理学要特别重视实验。

学习生理学要有整体观点。机体是一个完整统一的整体,各器官、系统之间既有分工,又紧密联系,因此在学习局部生理(某器官细胞生理)功能的同时要和整体功能联系起来,要用对立统一的观点去认识机体一切功能活动。学习生理还要与社会科学相联系,要从生物的、心理的、社会的角度去观察研究人体生命活动,才是学习研究生理学的根本方法。

第一节 生命活动基本特征

与非生物相比,生物体最大的特点是具有生命活动,生命现象至少包括两种基本特征,这就是新陈代谢和兴奋性。

一、新陈代谢

生物体生活在周围环境中,总是不断合成新的物质,以建造自身的特殊结构;同时又

在不断破坏自身衰老部分,以实现新旧更替,这一过程称为新陈代谢或叫做自我更新。新陈代谢包括两个过程,一个是同化作用(合成代谢),生物体不断从周围环境中摄取营养物质,经加工转化成为自身需要的成分,用于建造自身结构;另一个是异化作用(分解代谢),机体不断将衰老成分进行分解破坏,并将废物排出体外。同化作用需要能量,是能量的贮存过程;异化作用释放能量,以供应机体生命活动需要。

物质的合成、分解过程称为物质代谢,而伴随的能量的释放、转移、贮存、利用称为能量代谢。物质代谢和能量代谢在人体代谢活动中相辅相成,不可分割。

新陈代谢是生命的基础,机体在新陈代谢的基础上表现出生长、发育、生殖、运动等生命现象,新陈代谢一旦停止,生命也就此结束。

二、兴奋性

兴奋性是指机体或组织对刺激产生兴奋的能力或特性。生物体生活在周围环境中,不断受到体内外环境变化的影响,它就是靠这一特性来感知环境的变化,对其作出适当反应以求更好地生存下去。这是一切生物普遍具有的功能,所以兴奋性也是生命活动的基本特征。体内不同组织其兴奋性不同,有些组织如神经、肌肉、腺体受到刺激容易产生兴奋,且反应迅速,易于观察,称为可兴奋组织。当然体内也有些组织兴奋性较低,不易观察。观察兴奋性最基本的方法是刺激与反应。

(一) 刺激与反应

1. 刺激 为机体所感受到的体内外环境的变化称为刺激。它包括:①物理刺激,如声、光、电、温度、机械刺激;②化学刺激,如酸、碱及各种化学物质;③生物刺激,如细菌、病毒等;④人类还受社会因素的影响。社会因素能引起人体精神心理上的变化,对疾病的发生发展起着重要作用。因此,良好的社会风气,保护性医疗制度,在疾病预防治疗中的作用是不容忽视的。

每种感受器都有它的适宜刺激,也就是说只有适宜刺激才能引起感受器兴奋,如视网膜感光细胞的适宜刺激是光线,耳蜗听觉感受器的适宜刺激是声音,牵张感受器的适宜刺激是牵拉等等。

一个有效刺激必须具备三个条件,即强度、时间和强度-时间变化率。

强度 刺激强度是形成刺激的必要条件,刺激必须达到一定强度才能引起兴奋。正像检查一个人的听力,如果检查者说话声音太小或发音器的振动频率太低,达不到一定刺激强度时,那么,无论刺激多长时间,被检查者也听不到声音。

时间 刺激时间也是形成刺激的必要条件,刺激必须持续一定时间,才能引起组织兴奋。如果刺激时间太短,多强的刺激也是无效的,如高频电疗法,虽然电压很高,甚至上千伏,或电流超过正常刺激量的千余倍,但由于电流脉冲频率太快,为500000—1000000Hz,每一脉冲的刺激时间很短,仅1/500—1/1000毫秒,所以当电流通过组织时只能产生热感,却不能引起兴奋效应。

强度-时间变化率 刺激效果很易受强度-时间变化率影响。强度-时间变化率即指单位时间内刺激强度的变化量,变化量越大,则刺激效果越好。方波刺激变化率最快,因

此,方波刺激器刺激效果最理想。

在诸刺激中,电刺激是最理想的,因为它操作方便,三个条件最容易控制,重复使用不损害组织,是生理实验和临床实践中最常用的刺激方法。

2. 反应 机体接受刺激后所产生的活动状态的改变称为反应。不同组织反应的形式不一样,肌肉表现为收缩,腺体表现为分泌,神经纤维的表现是产生兴奋和传导兴奋。但总的不外两种规律,一个是兴奋,一个是抑制。

兴奋 是指组织受刺激后,由生理静息状态变为活动状态,或由活动弱变为活动强。如刺激心交感神经时,心跳变快变强,刺激迷走神经使胃肠运动增加等等,这些都是兴奋现象。

抑制 与兴奋过程相反,当组织受到刺激后,由活动状态转为安静状态,或由活动强变为活动弱称为抑制。例如,当刺激迷走神经时心跳变慢变弱,血压下降;刺激交感神经使胃肠平滑肌舒张;严重缺氧引起呼吸中枢麻痹等等,这些都是抑制现象。可见抑制也是由刺激引起的。

组织受到刺激后,究竟是发生兴奋还是抑制,还与刺激的质和量及组织当时的功能状态有关。例如,轻度缺氧可引起呼吸加深加快,这是呼吸中枢受缺氧刺激而兴奋;而重度缺氧可引起呼吸中枢麻痹而呼吸变慢变弱,这是缺氧引起的呼吸中枢抑制。又如当幽门处于收缩状态时,刺激迷走神经可使之舒张;如幽门处于舒张状态时,刺激迷走神经后又引起收缩,其反应是与刺激前幽门的机能状态有关。

(二) 刺激阈及与兴奋性的关系

刺激阈也称为阈值。它表示的是一种刺激强度,如果不考虑时间因素,引起反应的最小刺激强度称为刺激阈。不同组织其阈值不一样,兴奋性高的组织,引起兴奋所需要的阈值低;反之,兴奋性低的组织所需要的阈值高。组织兴奋性与其阈值成反变关系,因此,刺激阈可作为衡量兴奋性的指标。刺激强度比阈值小的刺激称为阈下刺激;刺激强度比阈值大的刺激称为阈上刺激。而只有阈刺激和阈上刺激才能引起兴奋。

第二节 内环境与稳态

内环境 内环境是相对于外环境而言,人体生活在外环境中,其代谢活动直接与大气环境进行物质交换。但人体内的大多数细胞并不直接与外环境接触,而是生活在体液中。体液是体内液体的总称,在成人约占体重的60%,其中2/3在细胞内,称为细胞内液;1/3分布在细胞外,叫细胞外液。细胞外液包括组织液、血浆、淋巴液和脑脊液等(图1-1)。细胞就是生活在细胞外液中,人体摄入的营养物质,必须通过细胞外液才能进入细胞;而细胞的代谢产物也首先排到细胞外液,最后才排出体外。所以说细胞外液是细胞直接生活的环境,称为机体内环境。

内环境稳态 内环境的化学成分及理化性质,在正常情况下变动范围很小,保持相对稳定状态称为内环境稳态。如温度保持在37℃左右,pH值在7.35—7.45之间,渗透压为300毫渗,各种离子的浓度和比例都要相对稳定等。细胞只有在这样的环境中,才能

保持一定形态，才能维持其正常兴奋性，酶的活性也才能正常发挥。

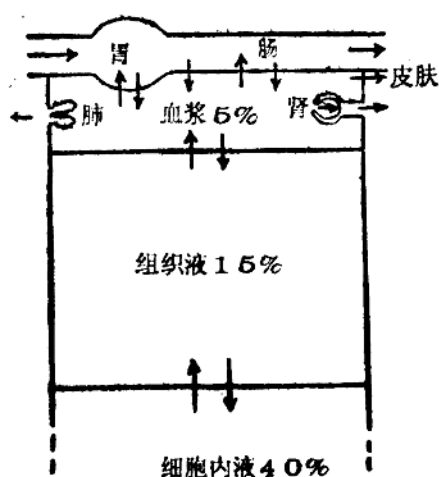


图 1—1 体液分布示意图

内环境是在不断破坏，又在不断建立中保持动态平衡的。细胞进行代谢活动，一方面不断从内环境中摄取足够的氧气和营养物质，同时还将在代谢过程中产生的废物物（ CO_2 等酸性产物）不断排到细胞外从而破坏着内环境的稳态；另一方面，机体在中枢神经系统的主导作用下，通过呼吸道、消化道及时补充氧气和营养物质，通过肺、肾、皮肤等器官，将 CO_2 和废物物及时排出体外，又在不断恢复和维持内环境的恒定，使其保持动态平衡。

内环境的稳定是人体进行正常生命活动的必要条件。尽管外环境在不断发生变化，只要内环境保持恒定，生物体就会正常

生存，一旦内环境某一方面超出正常范围，就会出现某种功能紊乱，引起疾病。

第三节 人体功能活动的调节

人体之所以能够保持自身稳态和与环境变化相适应，这是因为机体有一整套调节机构，经常根据体内外的变化，对机体的各种功能活动及时进行调整的结果。

一、人体功能活动调节的方式

人体功能活动调节的方式有三种：即神经调节、体液调节和组织器官的自身调节。

（一）神经调节

神经调节是机体靠神经系统的活动完成的调节。如感受器的兴奋由传入神经传到中枢，经中枢分析处理后，再由传出神经传给效应器，从而完成其调节功能。神经调节的基本方式是反射。反射是机体在中枢神经系统参与下对体内外环境的变化产生的适应性反应。如肢体碰到伤害性刺激时即缩回，食物进入口腔即可引起唾液分泌，当环境温度升高时出现皮肤血管扩张和出汗等等，这些调节方式都是反射活动。

反射的结构基础是反射弧。反射弧由五部分组成，即感受器→传入神经→反射中枢→传出神经→效应器（图 1—2）。若反射弧中一个环节受到破坏时，此反射就不能进行。体内反射活动很多，总的可分为非条件反射和条件反射。

1. 非条件反射 非条件反射是生来就有的、反射弧比较固定的反射，反射中枢多位于中枢神经的较低级部位，刺激的性质与反应之间的因果关系是由种族遗传决定的。如上面提到的几种反射都属于非条件反射。非条件反射是机体适应环境的最基本方式。

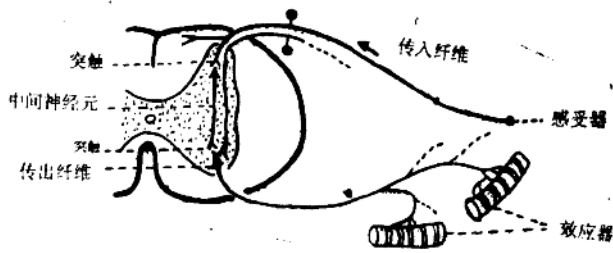


图 1—2 反射弧

2. 条件反射 条件反射是建立在非条件反射的基础上后天形成的反射。是人 和 高等动物根据所处的生活环境而建立起来的，这一反射刺激性质与反应之间的关系不是 固定的，随生活条件的改变而变化。如果说食物进入口腔引起唾液分泌是非条 件 反 射 的话，那么看到食物形态，听到食物的名字，引起的唾液分泌就是条件反射。它是建立在 吃到这种食物引起唾液分泌非条件反射的基础上，是食物形态和名字经常与这一非条件 反射结合强化的结果。条件反射是一种更高级的反射，它的建立必须有高级中枢参与。 条件反射适应环境的能力比非条件反射强得多，范围更广，更有预见性。使人们能够能 动地认识世界、改造世界。

(二) 体液调节

一些体液物质（如激素、代谢产物等），通过体液运输到达它所作用的器官、细胞 发挥调节作用，称为体液调节。被激素作用的细胞、器官称为靶细胞和靶器官。有些激素 （如甲状腺素、肾上腺素）运输距离较远，作用部位较广，称为全身性体液因素。有些 化学物质，如组织细胞的酸性代谢产物（ CO_2 、乳酸、 H^+ 等）虽不能随血液运至全 身，但可在组织液内扩散，改变附近组织、细胞的功能状态，引起局部血管扩张，通透 性增加等，称局部性体液因素。

有些内分泌腺，直接或间接地受中枢神经系统调节，当神经系统兴奋时，能改变这些 内分泌腺的分泌活动，进而影响其它器官、组织的活动，此现象称为神经体液调节。当交 感神经兴奋时，引起肾上腺髓质分泌肾上腺素、去甲肾上腺素增加，就是典型的神经体液 调节过程。实际上神经体液调节是神经调节反射弧中传出纤维的延长部分。体液调节与 神经调节比较，慢而持久，范围广泛，对调节代谢活动和机体的稳态，具有重要意义。

(三) 自身调节

自身调节是指细胞、组织、器官在体内外环境发生变化时，不依赖神经、体 液 调 节，而靠自身状态变化产生的适应性反应。例如，心肌纤维的收缩力在一定范围内与初长 度成正变关系，初长度拉得越长，其回缩力量越大。又如脑、肾血管其血流量原则上决定 于动脉压，但平均动脉压在一定范围内升降时，脑肾血管可相应地自身改变其收缩与舒 张状态，以调节血流阻力，保证脑、肾血流量的相对稳定。一般来说，自身调节的幅度 较小，也不十分灵敏，对血压影响不明显，但对某些生理功能的调节仍具有一定意义。

二、机体调节活动中的反馈作用

人体调节系统与工程技术的“控制论”原理一样，控制部分（调节者—中枢及内分泌腺）与被控制部分（被调节者—效应器或靶器官）之间存在着双向关系。即控制部分发出信息到达受控部分，以改变其活动状态；同时，受控部分也不断有信息通过反馈环路返回控制部分，不断纠正和调整控制部分对受控部分的影响，从而使调节更加精细准确。受控部分返回信息对控制部分的作用称为反馈。根据反馈信息的性质及作用不同，可将反馈分为负反馈和正反馈。

负反馈是指反馈信息与原控制信息作用相反(图1—3A),对控制信息起抑制作用。例如垂体前叶分泌的促激素(促甲状腺激素、促肾上腺皮质激素、促性腺激素)分泌增多时,能分别促使甲状腺、肾上腺、性腺的分泌,从而使血液中三种激素浓度升高,这是控制部分对被控制部分的作用;反过来,当血液中三种激素的浓度升高时,又分别反馈性地抑制了相应促激素的分泌(如当血中甲状腺激素浓度升高时,反馈性抑制了垂体前叶促甲状腺激素的分泌),这是被控部分对控制部分的反馈作用,通过这一作用,从而使血中三种激素浓度稳定在一定水平。可见,负反馈的作用主要使体内某些生理功能平衡稳定,不致产生过大波动。体内的负反馈调节比较普遍,是重要的自稳调节方式。

正反馈是指反馈信息与原控制信息作用一致,反馈的结果是使控制部分的信息越来越强(图1—3B)迅速达到需要目的。如排尿反射,在排尿中枢兴奋引起排尿的过程中,膀胱收缩的信息及尿液刺激尿道的信息又反馈性地加强排尿中枢的作用,使膀胱的收缩进一步加强,使尿液尽快排出结束排尿。机体的正反馈调节不如负反馈普遍,除排尿反射外,排便、分娩、血液凝固过程也属于正反馈调节。

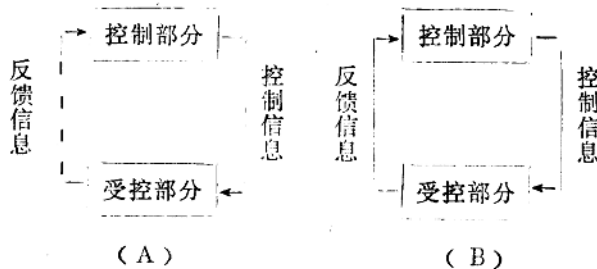


图1—3 负反馈(A)与正反馈(B)

(解放军济南医学高等专科学校 刘明远)

第二章 细胞的基本功能

第一节 细胞膜的物质转运功能

人体的基本结构和功能单位是细胞，人体的一切生理活动都是在细胞功能的基础上进行的。在生理学中，细胞膜的功能占有重要的地位。细胞膜把细胞内容物与细胞的外部环境分隔开，使细胞成为一个完整而又相对独立的功能单位。细胞膜不仅是细胞与其周围环境进行物质交换的重要界面，而且一切刺激都是首先作用或通过细胞膜才会引起细胞反应。

一、细胞膜的基本分子结构

细胞膜主要由蛋白质、脂质和糖类等物质组成。细胞膜可分为内、中、外三层结构。这三层结构是各种细胞都具有的基本结构，故称为单位膜。

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球形蛋白。膜的脂质以磷脂和胆固醇为主，它们都是长杆状的两极分子，其头部含有磷酸和碱基的亲水性基团，排列在细胞膜的外表面和内表面；其尾部是两条疏水性脂肪酸烃，它们都朝向双分子层的内部，两两相对排列。所谓“液态”是膜脂质处于一种液晶状态，表现在磷脂分子能产生各种形式的运动。

二、细胞膜的物质转运功能

（一）单纯扩散

单纯扩散是一种不耗能的被动的物理过程，它是指分子或离子从高浓度侧向低浓度侧的净移动。扩散动力是浓度差或浓度梯度。扩散运动可一直进行到浓度梯度不复存在时才停止。

人体内脂溶性的物质为数不多，因而靠单纯扩散进出细胞膜的物质种类甚少，比较肯定的只有 O_2 和 CO_2 等气体分子。

（二）渗透

在细胞两侧溶质浓度不同时，如果膜对溶质分子不通透，水分子便由浓度低的一侧走向浓度高的一侧，称为渗透。这是水通过膜的重要方式。

（三）易化扩散

不溶于脂质或脂溶性很小的物质，在特殊膜蛋白质的帮助下，由高浓度一侧通过细胞膜向低浓度一侧的扩散现象叫易化扩散。它也是顺浓度梯度进行的，所以细胞也不消耗能量。但是它必须在膜蛋白质作为中介的帮助下才能进行。根据参与帮助运输的膜蛋白质

的不同,易化扩散又分为两种,即载体蛋白参加的载体运输和通道蛋白参加的通道运输。

1. 载体运输 如图2—1所示,这种载体蛋白质像渡船一样,从膜浓度高的一侧结合物质,可能通过它本身构型的变化或转动把该物质摆渡通过细胞膜到达膜的低浓度的一侧,再与物质分离。所以载体蛋白质在运输中并不消耗能量。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的。

2. 通道运输 如图2—2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。通道蛋白好像贯通细胞膜的一条管道,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,虽然膜两侧存在物质的浓度梯度,物质也不能通过细胞膜。各种带电子子如 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,其中的通道开放或关闭的。

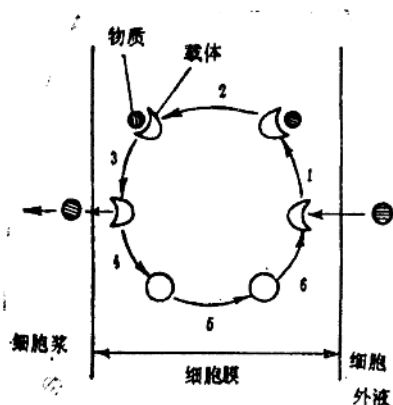


图2—1 载体运输示意图

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。④⑤载体呈非活化状态。⑥载体呈活化状态。

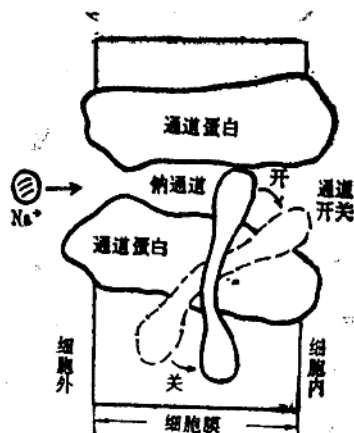


图2—2 钠通道模式图

(四) 主动转运

主动转运是由细胞膜内生物泵的作用,将物质由膜的低浓度一侧转运到高浓度一侧的过程。它的特点一是细胞要消耗能量,故称之为“主动”,二是与以上各种物质转运形式不同,它是逆浓度梯度进行的。如肠上皮细胞或肾小管上皮细胞对葡萄糖的吸收,细胞内外各种离子浓度差的维持,都是与细胞膜的主动转运有密切关系。

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的物质去完成的。这种结构经研究证明就是镶嵌在膜中的某种特殊蛋白质。它的作用是通过改变构型能够逆浓度把细胞内的 Na^+ 泵出细胞,同时把细胞外的 K^+ 泵入细胞。运入 K^+ 和运出 Na^+ 两个过程是耦联在一起进行的。其次它还具有酶的活性,能将ATP分解释放出能量供给自身主动转运时使用,所以钠泵又称为钠钾依赖性ATP酶。

当细胞内 Na^+ 或细胞外 K^+ 增加，它的活性就升高，主动转运 Na^+ 、 K^+ 的过程就加速，将细胞内增加的 Na^+ 移出，细胞外增加的 K^+ 移入，使细胞内外 Na^+ 、 K^+ 的分布恢复到原来的水平。（图2—3）。

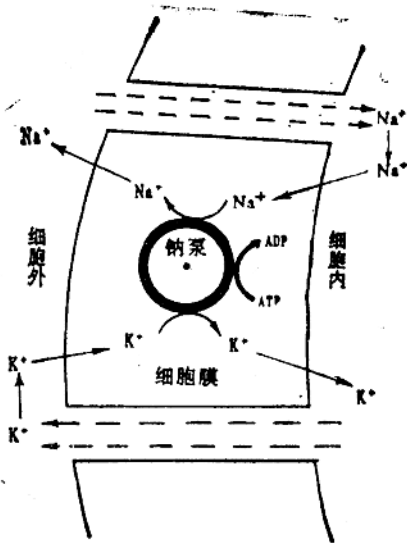


图2—3 钠泵主动转运 Na^+ 、 K^+ 示意图

（五）入胞和出胞

一些大分子物质或团块进出细胞，是通过细胞本身的吞吐活动进行的。

1. 入胞 指细胞外的大分子物质或团块进入细胞的过程。例如侵入人体的细菌、异物、大分子营养物质等。先是细胞附近的物质被细胞识别并互相接触，接触处的细胞膜向内凹陷把物质包裹起来，然后膜融合断裂，使物质连同包裹它的细胞膜一起进入细胞。如果进入细胞的物质是固体，称为吞噬。如果进入细胞的物质是液体，则称为吞饮。

2. 出胞 指细胞把成块的内容物由细胞内排出的过程。主要见于细胞的分泌活动，如腺细胞分泌酶，神经末梢分泌递质等。

三、细胞的受体功能

细胞膜的另一重要功能是接受细胞外液中各种化学信号（激素、药物）的刺激，这一功能是由受体来完成的。受体分布于细胞的不同部位，各有不同的名称。分布于细胞膜上者，称为膜受体；分布于胞浆中者，称为胞浆受体；分布于细胞核上者，称为胞核受体。

现以膜受体为例简单说明一下它的结构和功能。膜受体一般为糖蛋白，是膜蛋白的主要组成部分。一个受体常常含有面向细胞外（又称调节亚单位）、跨膜（占极小比例）、及面向细胞浆（又称催化亚单位）三部分组成。调节亚单位具有识别和结合特殊化学物质的功能，受体与某一特殊化学物质结合后，调节亚单位本身受到激动，并可使催化亚单位激动起来，使细胞内的ATP转化成cAMP（环一磷酸腺苷），胞浆中cAMP浓度升高，从而引出一系列的生理效应。

第二节 生物电现象

一切活细胞无论处于安静或兴奋状态都存在电活动，这种电活动称为生物电。可兴奋组织细胞兴奋时，可能有不同的表现形式，如肌肉的收缩和腺体的分泌，都是动作电位触发或引起的。

一、静息电位

（一）静息电位及其测量

神经和肌肉（或其它组织）细胞在静止情况下，膜内外两侧存在的电位差称为静息电位。

用电生理仪器测量细胞的电变化(图2—4)，当两个引导电极都在细胞膜的外表面时，记录不出电位差。当把微电极插入细胞内时，微电极端的电位便立刻下降至一定数值。当微电极留在细胞内时，一直可以记录出这种细胞内较细胞外负的电位差。一般是以细胞内的电位值来表示静息电位，所以静息电位是一个负值。

各种细胞的静息电位值是不同的。例如枪乌贼神经轴突为 -62mV ，哺乳动物神经和肌细胞为 $-70\text{mV}\sim-90\text{mV}$ ，人的红细胞为 -10mV 等。

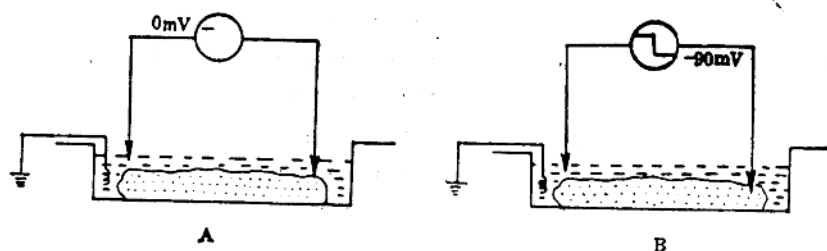


图2—4 静息电位测量实验示意图

A:微电极放在静息的心肌细胞表面，示波器扫描停留于0电位。

B:微电极插入静息的心肌细胞内，示波器扫描立即下移到-90毫伏，此即静息电位。

(二) 静息电位产生的机制

静息电位的产生，主要是由于细胞内外各种离子的浓度分布不均和细胞膜对各种离子的通透性不同所致。

1. 细胞内外离子分布情况 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等离子在生物电的产生中起重要作用。它们在细胞内外的分布如表2—1。

表2—1 哺乳动物神经轴突内外的离子浓度(mmol/L)

	K^+	Na^+	Cl^-
细胞内	140	10	4
细胞外	5	130	120
内/外比值	28 : 1	1 : 13	1 : 30
离子流动方向	外流	内流	内流

2. 细胞膜对各种离子的通透性 细胞膜对于离子的通透性具有选择性。在静息情况下，细胞膜对 K^+ 的通透性很大，但对 Na^+ 的通透性很小，仅为 K^+ 通透性的 $1/50\sim 1/100$ ，而对蛋白质和其它有机负离子（通常以 A^- 表示）则几乎没有通透性。

3. 钾离子在静息电位中的作用 理论上的推断和实验结果表明，静息电位的产生，是由于细胞内带正电的 K^+ 顺其浓度梯度向细胞外扩散，与其配对的 A^- 则不能透出。