

卫生部规划教材

全国中等卫生学校教材

供口腔医学、口腔工艺技术、医学
检验、卫生检验、预防医学、药剂、
医学影像诊断、放射技术专业用

生理学

主编 孔繁之



-43

徽 科 学 技 术 出 版 社

(皖)新登字 02 号

全国中等卫生学校教材

供口腔医学、口腔工艺技术、医学检验、卫生检验

预防医学、药剂、医学影像诊断、放射技术专业用

生 理 学

孔繁之 主编

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路 1 号新闻出版大厦)

邮政编码:230063

新华书店经销 宿县地区印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10.5 字数:243 千

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

印数:8 000

ISBN 7-5337-1548-9/R·303 定价:9.90 元

(本书如有倒装、缺页等问题向承印厂调换)

第三轮中等医学教材出版说明

卫生部曾于1983年组织编写、陆续出版全国中等卫生学校11个专业使用的77种教材。1992年又组织小修订，出版第二轮教材。为我国的中等医学教育作出了积极贡献。

为适应中等医学教育改革形势的需要和医学模式的转变，1993年11月，卫生部审定、颁发了全国中等卫生学校新的教学计划及教学大纲。在卫生部科教司领导下，我们组织编写(修订)出版第三轮全国中等医学12个专业96种规划教材，供各地教学使用。

这轮教材以培养中级实用型卫技人才为目标，以新的教学计划及大纲为依据，体现“思想性、科学性、先进性、启发性、适用性”，强调“基本理论知识、基本实践技能、基本态度方法”。教材所用的医学名词、药物、检验项目、计量单位，注意规范化，符合国家要求。

编写教材仍实行主编负责制；编审委员会在教材编审及组织管理中，起参谋、助手、纽带作用；部分初版教材和新任主编，请主审协助质量把关。第三轮中等医学教材由人民卫生、河北教育、山东科技、江苏科技、浙江科技、安徽科技、广东科技、四川科技和陕西科技九家出版社出版。

希望各校师生在使用规划教材的过程中，提出宝贵意见，以便教材质量能不断提高。

卫生部教材办公室

1995年10月

全国中等医学教材编审委员会

主任委员：姜寿葆

副主任委员：陈咨夔 殷冬生

委员：(以姓氏笔画为序)

马惠玲	王同明	方茵英	王德尚	延 民	那功伟
朱国光	吕树森	李绍华	李振宗	李振林	陈心铭
吴忠礼	杨华章	洪启中	洪思劬	郭常安	张冠玉
张审恭	殷善堂	董品泸	谭筱芳		

前 言

本规划教材是依据 1993 年卫生部审定、颁发的全国中等卫校新的教学计划和教学大纲编写的。在编写时力争做到：突出目标、根据大纲、体现“五性”（思想性、科学性、先进性、启发性、适用性）、强调“三基”（基本理论知识、基本实践技能、基本态度方法），避免理论知识的偏多、偏难和偏深。注意文字通俗易懂，便于自学。

为适应新的医学模式，本教材的内容适当增加了心理、社会因素对机体生理活动影响的知识，并注意联系临床医疗和预防保健工作实际。

在编写本教材时，对一些章节内容的顺序做了适当调整，即按生理活动的自然顺序进行编排。如“血液循环”，心血管生理的顺序是：心肌生物电、心肌生理特性、心的泵血功能、心输出量、心的血液供应特点、动脉血压、微循环、组织液生成与回流、静脉血压和血流……。 “神经系统”一章，感觉功能的顺序是自下而上，即脊髓的感觉传导功能、丘脑的感觉功能（特异和非特异投射系统）、大脑皮层的感觉分析功能……；运动功能顺序是自上而下，即大脑皮层主要运动区、锥体系和锥体外系功能、脑干对肌紧张的调节、脊髓对躯体运动的调节……。另外“消化与吸收”一章，将机械消化和化学消化分别叙述，以对各种机械消化的运动形式以及各种消化液的成分、作用加以比较。

在编写本教材时本着少而精的原则，对教学大纲中部分与相关学科重复的内容，以及与相关专业岗位目标关系不大的内容，经卫生部教材办公室同意后，做了适当删减。如机体活动的生物节律、血浆渗透压的形成、消化道平滑肌的生理特性、眼的折光成像、屈光不正和矫正，以及基底核功能等。另外，还减少了几个实验，如绒毛膜促性腺激素对雄蛙的排精作用等。

本教材中名词以 1989 年全国自然科学名词审定委员会公布的《生理学名词》为准；计量单位直接采用法定计量单位。

使用本教材的八个专业由于各自的教学计划和教学大纲所规定的学时数不同，单元目标和内容不一致，故在编写时采取了“大包小”的方法，即尽量满足学时数最多的专业（如预防医学）大纲的目标和内容。医学检验、口腔工艺技术等学时数较少的专业，在使用本教材时，宜根据教学大纲作适当删减。

在编写本教材的过程中，卫生部教材编审委员会委员洪思劬（北京护校）高级讲师、浙江省卫校钱自强高级讲师、上海市市一院护校刘淑凡高级讲师、江苏省徐州市卫校王裕太高级讲师、安徽省阜阳地区卫校徐崇立高级讲师、河南省焦作市中医药学校王振洲高级讲师以及解放军济南高等医学专科学校金宝春教授应邀参加了审稿，并作了热情指点和帮助；浙江金华卫校奚平副教授对本教材部分内容提出了宝贵的书面意见；江苏省苏州市卫校汪耀敏老师精心绘制了本教材的全部插图。这些对本教材质量的提高都起到了重要作用，谨此一并致谢。对本教材的不足或错误之处，祈请广大师生和读者指正。

孔繁之

1996 年 8 月

目 录

第一章 绪 论	1	二、输血和血型	22
第一节 生命的基本特征	1	第三章 血液循环	25
一、新陈代谢	1	第一节 心的生理	25
二、兴奋性	2	一、心肌细胞的生物电现象	25
第二节 人体与环境	2	二、心肌细胞的生理特性	27
一、人体对外环境的适应	3	三、心的泵血功能	29
二、内环境及其稳态	3	四、心输出量及其影响因素	30
三、机体功能活动的调节	4	五、心电图	31
四、人体功能调节的反馈作用	5	六、心音	32
第三节 细胞膜的基本功能	6	七、心的血液供应特点	32
一、细胞膜的物质转运功能	6	第二节 血管生理	33
二、细胞膜的受体功能	7	一、动脉血压与动脉脉搏	34
第四节 细胞的生物电现象	7	二、微循环	36
一、静息电位及其产生机制	7	三、组织液生成、回流与淋巴循环	37
二、动作电位及其产生机制	8	四、静脉血压和血流	38
三、动作电位的引起和传导	9	第三节 心血管活动的调节	39
第五节 骨骼肌的收缩功能	10	一、神经调节	39
一、神经肌肉接头处兴奋传递	10	二、体液调节	41
二、骨骼肌的收缩机制	11	第四章 呼吸	44
三、骨骼肌收缩的机械变化	13	第一节 肺通气	44
第二章 血液	15	一、肺通气的动力	44
第一节 血液的理化特性	15	二、肺通气的阻力	46
一、血液的比重及红细胞的悬浮 稳定性	15	三、肺容量和肺通气量	47
二、粘滞性	15	第二节 气体交换和运输	48
三、血浆渗透压与红细胞膜的渗透 脆性	16	一、气体交换	48
第二节 血液的功能	16	二、血液气体运输	49
一、血浆的主要成分及功能	17	第三节 呼吸运动的调节	51
二、血细胞数量及功能	17	一、呼吸中枢	51
第三节 血液凝固与纤维蛋白 溶解	19	二、呼吸反射	52
一、血液凝固	19	第五章 消化和吸收	54
二、纤维蛋白溶解	21	第一节 消化	54
第四节 血量、血型和输血	22	一、机械消化	54
一、血量	22	二、化学消化	56
		第二节 吸收	58
		一、吸收部位	58
		二、主要营养物质的吸收	58

第三节 消化功能的调节	59	二、兴奋在中枢传布的特征	88
一、神经调节	60	第二节 神经系统的感觉功能	88
二、体液调节	60	一、脊髓的感觉传导功能	88
第四节 粪便的形成和排便反射	61	二、丘脑的感觉功能	89
一、粪便形成	61	三、大脑皮层的感觉分析功能	89
二、排便反射	61	四、痛觉	90
第六章 能量代谢与体温	63	第三节 神经系统对躯体运动的	
第一节 能量代谢	63	调节	91
一、能量的来源与转化	63	一、大脑皮层对躯体运动的调节	91
二、能量代谢的测定	63	二、脑干对肌紧张的调节	92
三、影响能量代谢的因素	65	三、脊髓对躯体运动的调节	93
四、基础代谢	65	四、小脑对躯体运动的调节	94
第二节 体温	66	第四节 神经系统对内脏活动的	
一、正常体温及其生理变动	66	调节	94
二、体温调节	67	一、自主神经的功能及其意义	94
第七章 肾的排泄	70	二、自主神经的递质及受体	96
第一节 尿液及其生成过程	70	三、各级中枢对内脏活动的调节	97
一、尿液	70	第五节 脑的高级功能	99
二、尿的生成过程	71	一、条件反射	99
第二节 调节和影响尿生成的		二、人类大脑皮层活动的特征	100
因素	75	三、大脑皮层细胞的电活动	101
一、调节和影响原尿生成的因素	75	四、觉醒与睡眠	102
二、调节和影响终尿生成的因素	75	第十章 内分泌与生殖	104
第三节 尿的浓缩及稀释	77	第一节 内分泌	104
一、肾髓质渗透压梯度的形成与保持	78	一、概述	104
二、尿的浓缩及稀释过程	78	二、垂体	105
第四节 尿的贮存及排放	78	三、甲状腺和甲状旁腺	107
一、尿的输送及贮存	78	四、胰岛	109
二、膀胱与尿道的神经支配	79	五、肾上腺	110
三、尿的排放	79	第二节 生殖	112
第八章 感觉器官	80	一、男性生殖	112
第一节 视觉器官	80	二、女性生殖	113
一、折光系统的功能	80	三、生殖过程	115
二、眼的感光功能	81	第十一章 衰老与长寿	118
三、与视觉有关的几种现象	81	第一节 衰老	118
第二节 听觉器官与前庭器官	83	一、衰老时的形体变化	118
一、听觉器官	83	二、衰老时各系统功能的变化	118
二、前庭器官功能	84	三、衰老学说简介	119
第九章 神经系统	86	第二节 长寿	120
第一节 反射中枢	86	一、人的寿命及其影响因素	120
一、突触和突触传递	86	二、延年益寿途径	121
		实验指导	124

总论	124	实验十四 人体心音听诊	140
一、实验课教学目标和基本要求	124	实验十五 人体动脉血压的测量	141
二、常用实验器材	124	实验十六 人体心电图描记	142
三、常用生理盐溶液配制	126	实验十七 微循环观察	143
四、生理学的研究方法	127	实验十八 哺乳动物血压调节	144
五、实验报告填写	127	实验十九 肺通气功能的测定	146
各论	128	实验二十 呼吸运动的调节	147
实验一 坐骨神经腓肠肌标本制备	128	实验二十一 胸膜腔负压的测定	148
实验二 刺激与反应	130	实验二十二 胃肠运动的观察	149
实验三 反射弧分析	131	实验二十三 人体体温测量	149
实验四 骨骼肌的单收缩和强直收缩	132	实验二十四 影响尿生成的因素	150
实验五 神经干动作电位观察	132	实验二十五 视力测定	151
实验六 渗透压对红细胞的影响	134	实验二十六 视野测定	152
实验七 影响血液凝固的因素	134	实验二十七 色盲测定	153
实验八 ABO 血型的鉴定	135	实验二十八 瞳孔反射和对光反射	154
实验九 出血时和凝血时的测定	136	实验二十九 声波的传导途径	154
实验十 红细胞沉降率的测定	136	实验三十 大脑皮层运动功能定位	155
实验十一 蛙心搏动的观察	137	实验三十一 去大脑僵直	156
实验十二 期前收缩和代偿性间歇	138	实验三十二 破坏一侧小脑的观察	156
实验十三 离体蛙心灌流	139	实验三十三 人体腱反射的检查	157

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。人体生理学是专门研究人体各部分所表现的各种生命现象或功能活动,如血液循环、呼吸、消化、排泄和躯体运动等。生理学的任务就是研究这些生命现象或功能活动发生的机制、产生的条件以及体内外环境的各种变化对它的影响,从而认识和掌握生命活动的规律,为防治疾病、增进人类健康、延长人类寿命提供必要的理论基础。

人体是由物质组成的结构复杂的有机体。人体的生命活动包括思维等心理活动在内,是一种高级的物质运动,各种功能活动间互相影响、制约。因此,机体是一个完整的、统一的整体。它的各种功能活动都是整体活动的一部分,并且与环境保持着密切联系,同时还受心理和社会因素的影响。因而在学习过程中,要用辩证唯物主义思想为指导,以对立统一观点看待一切功能活动。这样,才能正确地、客观地认识人体生命活动的本质和规律。

生理学的知识是人们在长期医疗实践中不断总结积累起来的,近代还通过动物实验研究获得。因此,生理学是为适应医学实践的需要而发生发展起来的。它作为理论基础,指导着临床实践,而临床医学的发展,又不断充实着生理学的内容。因此,生理学是一门重要的医学基础理论学科。医学生只有学好生理学,才能为进一步学习病理学、药理学以及各医学专业课程打下良好基础。

以实验观察为特征的近代生理学是在 17 世纪由英国医生哈维(Willian Harvey)奠基的。1628 年他所著的《心与血的运动》一书出版,标志着近代生理学的诞生。20 世纪初,俄国著名生理学家巴甫洛夫,用慢性动物实验方法,创建了高级神经活动学说。我国近代生理学的奠基人林可胜教授,在胃液分泌的机制研究中,发现了“肠抑胃素”。这是我国人发现的第一种激素。张锡钧教授在神经递质乙酰胆碱的研究中取得大量成果。还有许多老一辈生理学家王志均、冯德培教授等,对我国生理学的发展都付出了辛勤劳动,作出了重大贡献。

第一节 生命的基本特征

生物从原始的单细胞到高等动物以及人类,都具有生命的基本特征,即新陈代谢和兴奋性。了解这些基本特征,有助于对人体生理活动规律的理解。

一、新 陈 代 谢

机体与环境间进行的物质交换和能量交换,以达到自我更新的过程,称为新陈代谢。它包括同化作用(合成代谢)和异化作用(分解代谢)两个方面。同化作用是指机体将不断从外界摄入的营养物质,经过改造,构成自身结构并伴有能量贮备的过程。异化作用是指机体不断地分解它自身结构,释放能量,并把分解产物排出体外的过程。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。新陈代谢一旦停止,机体也就死亡。

二、兴 奋 性

(一) 刺激、反应、兴奋性的概念

当机体生活环境发生变化时,常引起机体内部代谢过程和外在活动的改变,以适应环境变化。这种能够引起机体器官、组织、细胞发生反应的环境变化,称为刺激。由刺激引起的机体活动的变化,称为反应。机体对刺激发生反应的能力或特性,称为兴奋性。神经、肌肉和腺体组织的兴奋性较高,称为可兴奋组织。

刺激的种类很多,可分为物理的(如电、机械、温度、光、声、放射线等)、化学的(如酸、碱、药物等)、生物的(如细菌、病毒等)。此外,对人类来说还有社会因素形成的心理刺激。不良的心理刺激有时会给人带来强烈反应,甚至引起疾病。

机体或组织接受刺激而发生反应时,有两种表现形式:①由安静转为活动,或活动由弱变强,称为兴奋。②活动减弱或变为相对静止,称为抑制。所谓抑制,并不是无反应,而是与兴奋相对立的一种主动过程。例如电刺激支配家兔心的交感神经,可引起心跳加强加快,这是兴奋过程;但电刺激其迷走神经则心跳变弱变慢,即发生了抑制。正常机体兴奋和抑制是相反相成的,在不同的时候,分别起着主导作用,以适应机体当时的生理需要。

(二) 刺激与反应的关系

刺激与反应的关系:刺激是原因,反应是结果。但是,刺激必须作用于有兴奋性的组织,才能发生反应。

机体或组织接受刺激后是否发生反应,以及发生何种反应,主要取决于两个方面:一是刺激的有效量;一是机体的功能状态。

刺激的有效量是由刺激强度、刺激作用时间和强度/时间变化率三方面因素决定的。生理学实验研究中所用的电刺激器,强度/时间变化率已经固定。在生理实验中往往是把刺激的作用时间也先固定,通过改变刺激强度来观察机体或组织反应的变化。生理学上把能够引起机体或组织发生兴奋反应的最小刺激强度,称为阈值。组织的兴奋性与阈值成反变关系,即阈值越小,说明组织的兴奋性越高。故阈值大小可以反映兴奋性的高低。刺激强度等于阈值的刺激,称为阈刺激;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。

机体的功能状态不同,对同样的刺激发生的反应也不一样。例如,同样的食物,对于精神愉快和悲伤的人,引起的唾液分泌或胃肠运动是不同的。

第二节 人 体 与 环 境

机体的环境分内环境和外环境。机体能够随着环境变化不断地调整自身各部分的关系,从而有利于在不断变化着的环境中进行正常的生理活动。机体能够根据外界情况而调整其内部关系的生理特征,称为适应性。适应性是动物在进化过程中发展起来的,并随着进化而逐渐完善。人类由于从事社会劳动,不仅能够依靠生理反应被动适应环境,更重要地是通过自己的劳动,依靠科学技术,主动地改造自然环境,使之适合于自己的生活需要。这是更高一级的适应。

一、人体对外环境的适应

外环境指自然环境和社会环境。自然环境随着春夏秋冬四季的气温、气压、湿度和光线等变化，都会刺激机体，影响机体的生理活动。但是，正常机体能够适应这种变化，正常生存。例如，在炎热的环境中，增加汗腺分泌，通过汗液蒸发降温，有利于保持体温的相对稳定；在强光下，瞳孔缩小，减少进入眼内的光线，从而保护视网膜免受损害。

人体不仅受自然环境的影响，而且还受社会因素的作用。当今世界由于社会环境因素影响而致疾病的情况，明显增多。社会因素以及心理因素对人体健康的影响，日益受到人们的重视。世界卫生组织对于健康下的定义：“健康不仅是没有疾病和衰弱，而是保持体格方面、精神方面和社会方面的完美状态。”人们如果能在复杂的社会环境中保持乐观开朗、愉快的情绪，机体就能处于良好功能状态，健康长寿；相反，紧张、恐惧和忧伤的情绪，会招致各种疾病。

二、内环境及其稳态

细胞是人体基本的生命单位。但绝大多数细胞并不与整个机体生存的外环境相接触，而是生存在体液之中。体液约占体重的60%，其中细胞内液约占40%；细胞外液约占20%。细胞外液包括血浆、组织液、淋巴液、脑脊液和房水等。由于细胞膜、毛细血管壁、毛细淋巴管壁均有选择通透性，所以，各部分体液既彼此分开，又相互沟通（图1-1）。细胞在新陈代谢过程中，所需的营养物质由细胞外液获得，代谢产物则排到细胞外液中。因此，细胞外液是细胞直接生存的体内环境，称为机体内环境。

内环境的特点是它所含的各种物质浓度和理化性质，如温度、酸碱度、渗透压等，其数值只在一狭小的范围内变化。内环境的化学组成和理化性质保持相对恒定的状态，称为内环境稳态。内环境稳态是细胞进行正常生命活动的必要条件。

这是因为新陈代谢过程是复杂的酶促反应，而酶的活性则要求一定的理化条件。另外，组织的兴奋性也需要稳定的离子浓度才能维持正常。稳态是在体内各种调节机制下，通过消化、呼吸、血液循环、肾的排泄等各系统的功能活动，所维持的一种动态平稳。即一方面是代谢过程使这种相对恒定遭到破坏，如营养物质和氧的消耗减少，酸性代谢产物和二氧化碳等的产生增多；另一方面又通过上述各系统在机体内调节机制调节下的功能活动，使被破坏的平衡得以恢复。整个机体的生命活动正是在稳态不断遭到破坏而又得以恢复的稳态过程中，得到维持和进行的。一旦内环境稳态遭到严重破坏，新陈代谢和机体各种功能活动将不能正常进行，即产生疾病，甚至危及生命。

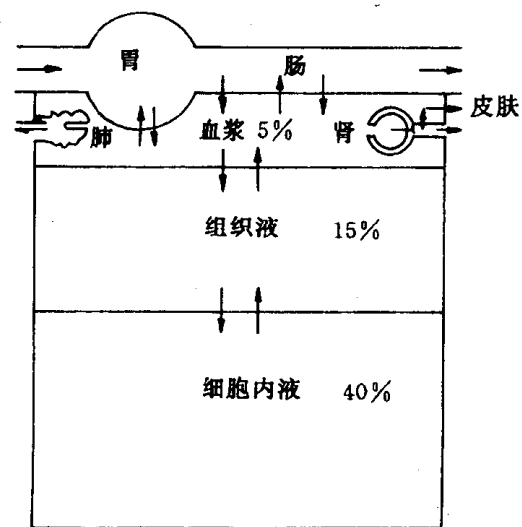


图 1-1 体液分布及其物质交换示意图

三、机体功能活动的调节

人体是由诸多结构功能不同的细胞组成不同的组织、器官、系统所构成的。每个组织器官均有共同的功能。但在完整机体，各组成部分的活动并不是各自独立，互不相干，而是都作为整体的一部分，在时间上和空间上密切配合、协同进行的。当机体内环境发生变化时，机体也能做出相应的反应，以适应环境的变化，保持内环境稳态。机体内各器官系统活动的协调统一和机体对内外环境变化的适应性反应，都是靠机体的调节机制实现的。机体功能活动的调节方式有三种，即神经调节、体液调节和自身调节。其中神经调节是人体内最重要的调节机制。

(一) 神经调节

神经调节是通过神经系统的活动实现的。神经活动的基本过程是反射。反射是指在

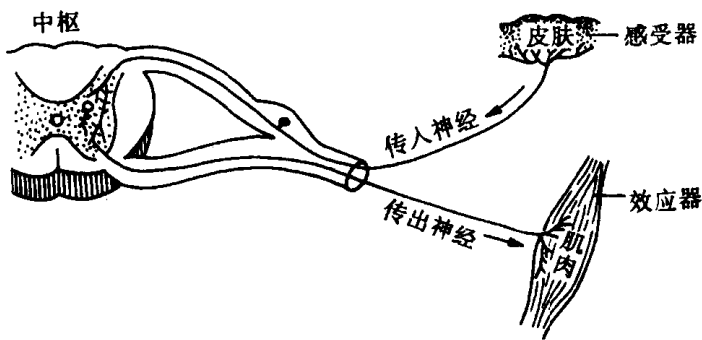


图 1-2 反射弧

中枢神经系统参与下，机体对刺激发生的规律性反应。反射的结构基础是反射弧(图 1-2)。反射弧由五部分组成，即感受器、传入神经、中枢、传出神经和效应器。感受器的功能是将来自内外环境的刺激，转换成神经信息，由传入神经将信息传至脊髓或脑的一定部位，在中枢部位进行分析、综合，然后由中枢发出神经冲动，沿传出神经作用于

所支配的效应器。反射弧中任何部分受到损害，都会使相应的反射消失。

人和动物的反射活动可分为两大类：一类是先天遗传、种族共有的反射，称为非条件反射。它是一种初级的神经活动。如食物入口引起唾液分泌等。非条件反射是机体适应环境的基本手段，对个体生存和种族繁衍都有重要意义。另一类是生后在非条件反射的基础上建立起来的反射，称为条件反射。它是一种高级神经活动，其数量是无限的。“望梅止渴”就是一个典型例子。因此，它使机体对环境的适应更加机动灵活，具有预见性。条件反射极大地提高了机体的生存和适应能力。

神经调节特点是迅速、准确，持续时间一般较短。这是因为反射弧的神经传导速度很快，传出神经所支配的效应器都是固定的(如某一肌肉或某一腺体等)，作用效果也是明确的(肌肉收缩或腺体分泌等)，对于应答环境的急剧变化极为重要。

(二) 体液调节

体液调节主要是指内分泌细胞所分泌的激素，经血液等体液运送到全身各处，对新陈代谢、生长、发育和生殖等功能的调节。其次，组织细胞产生的一些化学物质，如 CO_2 、 H^+ 、乳酸等，也可对局部组织或血管进行功能调节。体液调节的特点是缓慢、持久和影响面大，特别在新陈代谢方面起着经常性调节作用。

在整体内，神经调节和体液调节是密切联系的。不少内分泌腺分泌激素，直接或间接受中枢神经系统控制。如肾上腺髓质激素的分泌，就是受交感神经控制的。当交感神经兴奋时，除通过传出神经直接作用于心血管、胃肠管外，还引起肾上腺髓质分泌肾上腺

素,通过血流作用于心血管和胃肠管。所以,体液调节常作为反射弧传出途径中的一个中间环节或辅助部分而发挥作用,形成神经-体液调节(图 1-3)。

(三) 自身调节

组织或器官不依赖于神经和体液调节,对刺激产生的适应性反应,称为自身调节。例如,肾血流量,在动脉血压降低时,肾血管就扩张,血流阻力减小,使肾血流量不致减少;动脉血压升高时,肾血管收缩,血流阻力增大,使肾血流量不致过多。这种反应在离体肾动脉灌流实验中已经证实。

自身调节是一种原始简单的调节方式,其调节幅度小,也不十分灵敏,但对生理机能的调节,仍有一定意义。

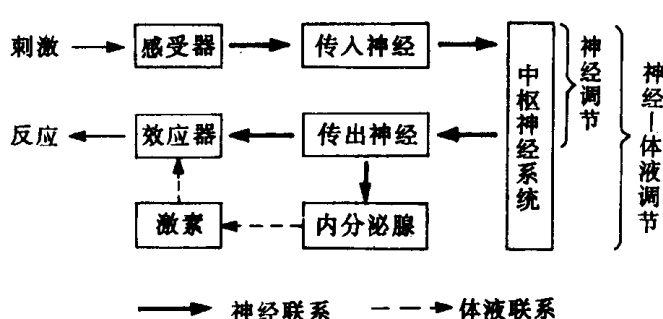


图 1-3 神经调节与体液调节关系

四、人体功能调节的反馈作用

人体的各种功能调节可以被看作是“自动控制”系统。自动控制系统是一个闭合回路。神经、体液的调节部分如反射中枢、内分泌腺等,可看作闭合回路中的控制部分;效应器、靶器官为受控部分(图 1-4)。控制部分通过调节信息(神经冲动、激素)改变受控部分的功能活动。受控部分的活动作为反馈信息,送回控制部分,以调整控制部分对受控部分的影响,经过多次循环往复的联系,最后产生精确的适合于机体需要的反应。这种由受控部分向控制部分发送信息,对控制部分的功能状态施加的影响,称为反馈。根据反馈信息的作用不同,将反馈分为负反馈和正反馈两类。

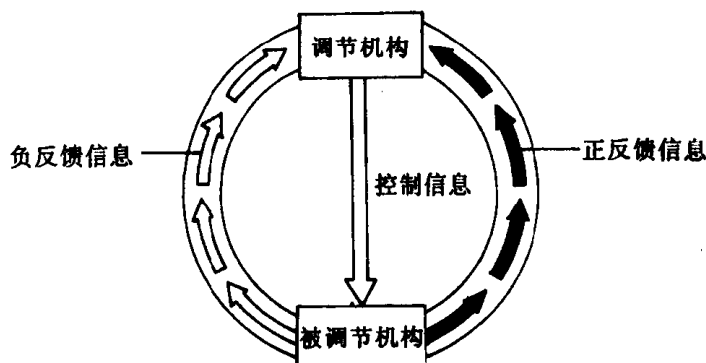


图 1-4 反馈环路和正、负反馈

负反馈是指反馈信息与调节信息的作用相反的反馈。负反馈是可逆的,是维持稳态的重要方式。体内大多数反馈性调节为负反馈。例如甲状腺功能的调节,腺垂体释放的促甲状腺激素作用于甲状腺,促进其释放甲状腺激素,血中甲状腺激素浓度升高,又成为反馈信息,作用于腺垂体,抑制其促甲状腺激素的释放,使血中甲状腺激素含量稳定在一定水平。

正反馈是指反馈信息与调节信息的作用一致的反馈。如膀胱贮尿达一定量,扩张刺激膀胱壁内感受器所引起的排尿反射过程中,膀胱逼尿肌收缩,尿流刺激尿道感受器,反

馈信息传到排尿中枢，可加强排尿中枢活动，使膀胱逼尿肌进一步收缩，将尿液全部排完为止。可见正反馈的生理意义是使某些生理活动不断加强，迅速完成。

第三节 细胞膜的基本功能

细胞膜不仅是细胞内容物和周围环境的屏障，而且具有多种生理功能。

一、细胞膜的物质转运功能

细胞在新陈代谢时所需物质的摄入和代谢产物的排出，都要通过细胞膜。物质通过膜转运的形式有以下几种。

（一）单纯扩散

水脂双溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧转运的过程，称为单纯扩散。由于细胞膜的基架是脂质双分子层，所以，只有既溶于水又溶于脂的物质，如 O_2 及 CO_2 才能靠单纯扩散通过细胞膜。影响单纯扩散的因素有二：①膜两侧溶质分子的浓度差和电位差越大，物质扩散越多；反之则少。②膜的通透性越大，物质扩散越多；反之则少。

（二）易化扩散

非脂溶性物质，在膜上特殊蛋白质的帮助下，顺浓度差扩散的过程，称为易化扩散。根据膜上特殊蛋白质作用特点不同，易化扩散分为两种类型。

1. 以载体为中介的易化扩散 载体蛋白的作用可能是在膜的一侧与被转运物质结合，再通过本身的构型改变，将其转运到膜的另一侧。载体转运特点：①相对特异性。各种载体蛋白与它所转运的物质之间有着一定的结构特异性，如葡萄糖载体只能转运葡萄糖，氨基酸载体只能转运氨基酸。②饱和现象。载体转运的能力有一定限度，当被转运物质超过一定限度时，转运量就不再增加，这是由于膜上载体数量有一定限度的缘故。③竞争抑制。如果某一载体对 A 和 B 两种结构类似的物质都有转运能力时，A 种物质浓度增加，将减弱 B 种物质的转运。

2. 以通道为中介的易化扩散 通道蛋白好像贯通细胞膜的一条孔道，开放时允许被转运物质通过；关闭时物质转运停止。各种带电离子如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 等，在一定情况下就是通过这种方式进出细胞的。

通道的开放和关闭受一定因素控制。由激素等化学物质控制的通道，称为化学依从性通道；由膜电位控制的通道，称为电压依从性通道。神经、肌肉细胞膜上与 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 等有关的离子通道，对于生物电现象的产生、兴奋传导以及肌肉收缩等有密切关系。

（三）主动转运

细胞膜通过本身的耗能过程，使物质分子或离子由膜的低浓度一侧向高浓度一侧转运的过程，称为主动转运。这种逆浓度差发生的转运，就像从低处向高处泵水，必须有水泵一样，故主动转运也称“泵”转运。“泵”是镶嵌在膜上的特殊蛋白质。泵蛋白具有特异性，按其所转运的物质种类分为钠泵、钾泵、钠-钾泵、钙泵和碘泵等。钠-钾泵具有 ATP 酶的作用，当细胞外 K^+ 浓度增高或细胞内 Na^+ 浓度增高时，被激活，故称为 Na^+-K^+ 依赖式 ATP 酶。钠-钾泵被激活后，分解 ATP，释放能量，于是钠-钾泵就会逆浓度差或电位差把膜内的 Na^+ 泵出，把膜外的 K^+ 泵入，从而恢复膜内外 Na^+ 、 K^+ 的不均匀

分布。据估计,细胞代谢产生的能量有20%~30%用于钠-钾泵转运。

钠泵及钠-钾泵活动的生理意义:①维持膜内外 Na^+ 、 K^+ 的不均匀分布。这是神经、肌肉等组织兴奋性的基础。②建立势能贮备。这是肠管吸收葡萄糖、氨基酸等营养物质和肾小管重吸收上述物质等的能量来源。③细胞内的高 K^+ 是许多细胞代谢反应的必需条件;细胞外高 Na^+ 对维持细胞内外渗透压的平衡具有重要作用。

(四) 出胞和入胞

上面所述3种形式的物质跨膜转运,主要涉及小分子物质或离子。有些大分子或团块物质不能通过上述方式进行转运,而是由细胞膜本身的运动来进行细胞内外物质交换。根据被转运物质进出细胞的方向,分为出胞和入胞。

1. 出胞 大分子或团块物质通过膜的运动,从膜内排到膜外的过程,称为出胞。例如,消化腺细胞分泌消化酶,以及内分泌细胞分泌激素等。在出胞过程中,细胞内形成的分泌囊泡,先向细胞膜移动、靠拢,然后发生膜的融合,并出现裂孔,于是囊泡内容物排出膜外。

2. 入胞 物质通过细胞膜的运动,从细胞外进入细胞内的过程,称为入胞。例如,白细胞吞噬异物或细菌的过程等。入胞作用开始时,细胞膜先伸出伪足,将物质包围起来,然后发生膜的融合和断裂,异物进入细胞内。固体物质的入胞称吞噬;液体物质的入胞称吞饮。

二、细胞膜的受体功能

受体是一种特殊蛋白质,能选择性的与化学物质相结合,而产生一定的生理效应。受体按其分布部位,分膜受体、胞浆受体和核受体。其中膜受体占大多数。受体的功能:①识别和结合特异的化学物质;②能转发信息。受体在与化学物质结合的时候,本身便受到激动,而发生构型等一系列变化,再以一定信号形式把这一系列变化的信息,发送至细胞一定部位,引起细胞相应功能变化。

第四节 细胞的生物电现象

生物电是指组织细胞在生命活动过程中伴随的电现象。它与细胞兴奋性的产生和传导有着密切关系。目前医院所做的心电图、脑电图等检查,就是把心肌、脑组织细胞活动时产生的生物电引导出来,加以放大,描记在纸上的结果。现以神经纤维为例,说明细胞的静息电位和动作电位。

一、静息电位及其产生机制

(一) 静息电位

静息电位是指细胞在安静时,存在于膜内外的电位差。实验测定,将与示波器相连的两个测量电极放在蛙坐骨神经细胞膜表面任意两点上,示波器的光点在等电位线作横向扫描(图1-5A),说明神经细胞膜表面各处的电位是相等的。如果将其中一个电极刺入细胞膜内,则扫描光点立即从等电位线下降到 -70mV ,并在此水平作横向扫描(图1-5B)。如果规定膜外电位为0,膜内电位则为负值(-70mV)。静息电位总是稳定于某一水平。静息时,细胞膜内外两侧维持内负外正的稳定状态,称为极化。以静息电位为准,

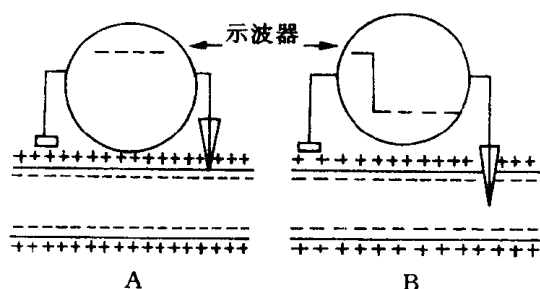


图 1-5 A、B 静息电位示意图

当细胞接受刺激，膜内电位数值向负值增大方向变化，称为超极化；若膜内电位向负值减小方向变化，称为去极化；若膜内电位由负变正时，称为反极化；细胞去极化后或反极化后，又恢复到原来的极化状态，称为复极化。

(二) 静息电位产生的机制

生物电产生的机制用离子学说解释。该学说认为：膜电位的产生是由于膜内外各种离子的分布不均衡，以及膜在不同情况下，对离子的通透性不同所造成的。神经纤维膜内外的离子分布及浓度如表 1-1。在静息状态下细胞膜对 K^+ 有较高的通透性，而膜内 K^+ 又高于膜外， K^+ 就顺着浓度梯度向膜外扩散。膜内蛋白质负离子 (A^-) 由于电荷异性相吸作用，也随 K^+ 外流，但膜对 A^- 无通透性，而被阻止在膜的内侧面，扩散出膜的 K^+ 被吸附在膜的外侧面。致使膜外电位为正，膜内电位为负。然而 K^+ 不能无限制外流。这是因为建立起来的外正内负电位梯度，对抗 K^+ 继续外流。当促使 K^+ 外流的浓度梯度与对抗 K^+ 外流的电位梯度平衡时， K^+ 的净外流停止，膜内外电位差保持在一个相对稳定数值。因此，静息电位主要是 K^+ 外流产生的电-化学平衡电位。静息电位实测值略小于 K^+ 平衡电位的理论值。这是因为静息时膜对 Na^+ 也有较小的通透性，少量 Na^+ 内流，抵消了一部分 K^+ 外流所造成的膜内负电位的缘故。

表 1-1 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
细胞内外化学浓度比	28 : 1	1 : 13	1 : 30

二、动作电位及其产生机制

(一) 动作电位

细胞膜受刺激时，在静息电位的基础上，发生一次扩布性的电位变化，称为动作电位。

动作电位可用图 1-5 所示实验，将一个电极插入细胞内记录下来。在测出静息电位的基础上，给予神经纤维一个有效刺激，此时在示波器屏幕上即可显示出一个动作电位 (图 1-6)。

动作电位是一个连续的膜电位变化过程，波形分为上升相和下降相。上升相是膜电位去极化和反极化过程。上升相超过 0 电位线的部分称为超射。如果静息电位为 -70mV ，超射为 $+40\text{mV}$ ，则动作电位的上升幅度为 110mV 。动作电位的下降相是膜电位的复极化过程。上升相和下降相持续的时间很短，进展迅速，历时不超过 2ms ，波

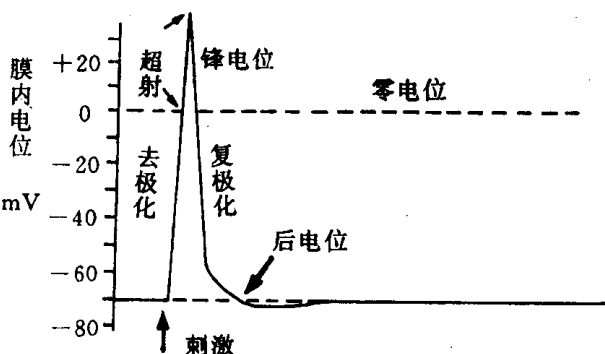


图 1-6 动作电位示意图

形尖锐，称为锋电位。在锋电位恢复到静息电位之前，膜电位还要经历微小而缓慢的电位变化。

（二）动作电位产生的机制

细胞膜接受刺激而兴奋时，膜上 Na^+ 通道迅速开放，膜对 Na^+ 的通透性增大，超过对 K^+ 的通透性，由于膜外 Na^+ 浓度比膜内高，电位比膜内正，所以， Na^+ 便顺浓度差和电位差内流。 Na^+ 内流的结果，抵消了原来静息时膜内的负电位，进而出现正电位，形成去极化和超射。这种膜内为正、膜外为负的电位梯度，阻止 Na^+ 继续内流。当促使 Na^+ 内流的浓度梯度和阻止 Na^+ 内流的电位梯度这两种对抗的力量平衡时， Na^+ 内流终止。因此，动作电位的上升相的超射值是 Na^+ 内流所形成的电-化学平衡电位。

在上升相达到最高值时，膜上 Na^+ 通道迅速关闭，膜对 Na^+ 的通透性下降， Na^+ 内流停止。但此时膜对 K^+ 的通透性增大，由于膜内 K^+ 高于膜外，加之膜内电位较正，于是 K^+ 外流，使膜内电位迅速下降，直到恢复静息时的电位水平，形成动作电位的下降相。

神经纤维和其他可兴奋细胞每发生一次动作电位，都会有少量 Na^+ 进入膜内， K^+ 逸出膜外，使膜内外 Na^+ 、 K^+ 的比例发生变化。于是钠-钾泵加速转运，把进入膜内的 Na^+ 泵出，同时把逸出膜外的 K^+ 泵入，恢复静息时膜内外的 Na^+ 、 K^+ 水平，以维持细胞的兴奋性。

三、动作电位的引起和传导

动作电位是可兴奋细胞兴奋的标志。因此，动作电位的引起必然是可兴奋细胞接受刺激发生兴奋的过程。

（一）阈电位和局部电位

当神经纤维受到阈刺激或阈上刺激时，膜上 Na^+ 通道开放， Na^+ 内流，膜发生去极化反应，静息电位有所减小，当静息电位减小到某一临界数值时，膜对 Na^+ 的通透性突然增大， Na^+ 迅速内流，出现动作电位的上升相。这个临界点时的跨膜电位数值，称为阈电位。它是可兴奋细胞动作电位所需的电位数值。任何刺激，只要当它使膜内负电位达到阈电位时，才能引发动作电位。神经纤维的阈电位比静息电位约小 $10\sim 20\text{mV}$ 。

可兴奋细胞受到阈下刺激，虽不能产生动作电位，但可使受刺激部位细胞膜的 Na^+ 通道少量开放，少量 Na^+ 内流，产生一个小于阈电位的局部电位，称为局部反应或局部兴奋。细胞在发生局部兴奋时，由于这时膜电位减小，与阈电位之间的距离变近，所以，兴奋性升高。局部电位不能远传，但可以总和。在受到连续的或不同空间的阈下刺激时，局部电位可以总和而叠加起来，若达到阈电位，即可爆发动作电位。

（二）动作电位的传导

动作电位一经发生，就能沿膜自动向邻近未兴奋部位传导。在神经纤维上传导的动作电位，称为神经冲动。

动作电位传导的机制可用局部电流学说解释。细胞膜某一处受刺激而兴奋时，其兴奋部位出现膜内外电位的倒转，这样在兴奋部位和邻旁未兴奋部位间出现了电位差。由于膜两侧的溶液都是导电的，必然出现电荷的流动，形成局部电流（图 1-7）。局部电流的方向，在膜内由兴奋部位流向未兴奋部位；在膜外，电流从未兴奋部位流向兴奋部位。这样流动的结果，造成未兴奋段膜内电位升高、膜外电位降低，即引起该处膜的去极化。当

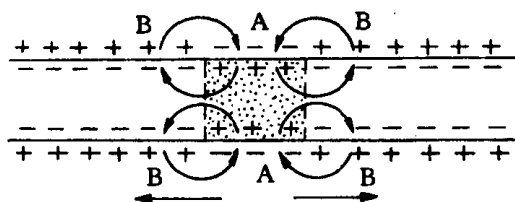


图 1-7 局部电流学说示意图

膜去极化达到阈电位时，即爆发动作电位。这样的过程在膜表面进行下去，就表现为兴奋在整个神经纤维的传导。因此，动作电位一经发生，就能自动传布。无髓神经动作电位的传导，逐点推进，直到纤维末端。有髓神经纤维，由于髓鞘具有电的绝缘性，兴奋的传布只能在相邻的郎飞结之间形成局部电流，进行传导，称为跳跃传导，所以，传导速度比无髓纤维快得多。

第五节 骨骼肌的收缩功能

人体各种形式的运动，主要靠肌细胞的收缩来完成。不同肌组织在结构和功能上虽有差异，但收缩的机制是相同的。本节以骨骼肌为例说明肌细胞的收缩功能。

一、神经肌肉接头处兴奋传递

(一) 神经肌肉接头结构

人体骨骼肌的收缩是在中枢神经系统的控制下进行的。中枢神经系统的兴奋，通过躯体运动神经，传到骨骼肌，引起骨骼肌的收缩。

运动神经末梢与骨骼肌之间的连接部位，称为神经肌肉接头。它由接头前膜、接头后膜和接头间隙组成（图 1-8）。运动神经的轴突在接近所支配的骨骼肌纤维时，失去髓

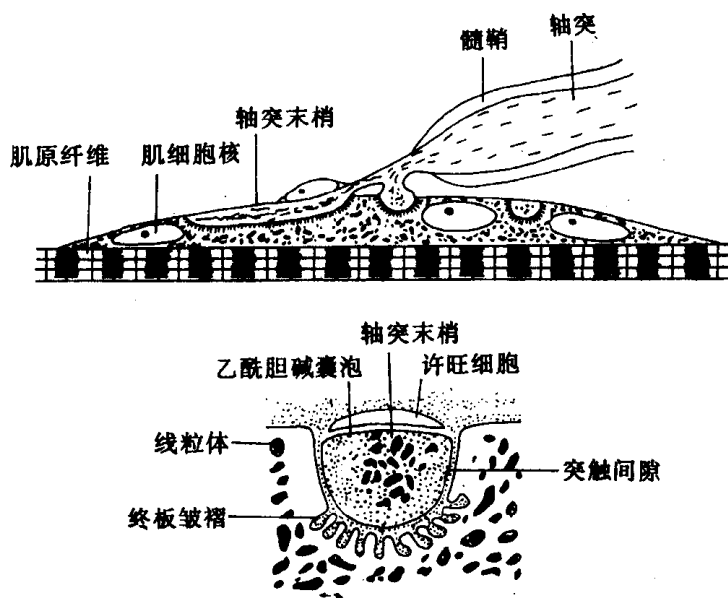


图 1-8 神经肌肉接头超微结构示意图

鞘，并发出末端膨大的分支，嵌入到与之对应的肌纤维膜的凹陷中。在轴突末梢的轴浆中，含有许多线粒体和囊泡，囊泡内含有乙酰胆碱。与接头前膜对应的肌细胞膜，形成许多皱褶，构成接头后膜，又称终板膜。其上分布有乙酰胆碱受体。

(二) 神经肌肉接头处兴奋传递过程

当运动神经冲动传到轴突末梢时，引起接头前膜上 Ca^{2+} 通道开放， Ca^{2+} 由接头间隙