

全国高职高专医药院校课程改革规划教材

供临床医学、护理、涉外护理、助产、检验、药学、药剂、卫生保健、
康复、口腔医学、口腔工艺技术、医疗美容技术、社区医学、眼视光、
中医、中西医结合、影像技术等专业使用

TM

案例版

生 理 学

主编 马恒东 要瑞莉



科学出版社

www.sciencep.com

全国高职高专医药院校课程改革规划教材

供临床医学、护理、涉外护理、助产、检验、药学、药剂、卫生保健、
康复、口腔医学、口腔工艺技术、医疗美容技术、社区医学、眼视光、
中医、中西医结合、影像技术等专业使用

案例版™

生 理 学

科学出版社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

在传统生理学教材的基础上,本书内容在知识面上做了一定拓展,增加了细胞的生长凋亡、防御系统、生长发育与衰老等章以及相关人文知识的新内容,而精简了关于神经系统生理、感觉器官生理和部分细胞分子水平机理等内容;体例上以单元为纲进行了较大的调整编排;精选插图、表格和链接,选用双色印刷等,意在适合高职高专学生的基础、培养目标和学习能力,在努力保证科学性、思想性的前提下增加可读性、趣味性和启发性。本书实验训练指导编入常用、比较易做的12个实验,满足教学需要又减少另配实验教材的支出。每章后附“要点提示”和“目标检测”,指导帮助学生自练自查,保证学习效果。

本书主要是面向高职高专护理、助产专业而编写,也可供医学检验技术、医学影像技术、卫生检验与检疫技术以及针灸推拿、中医骨伤、中医学等专业选用。总体上看,本书是一本倾注了编者和出版社较多心血、有一定个性的教材。

图书在版编目(CIP)数据

生理学 / 马恒东, 要瑞莉主编. —北京: 科学出版社, 2010. 7

全国高职高专医药院校课程改革规划教材

ISBN 978-7-03-027477-9

I. 生… II. ①马… ②要… III. 人体生理学-医学院校-教材 IV. R33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 081772 号

策划编辑:魏雪峰 / 责任编辑:魏雪峰 / 责任校对:张小霞

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄超

版权所有, 违者必究。未经本社许可, 数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年7月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2010年7月第一次印刷 印张: 14 3/4

印数: 1—7 000 字数: 373 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

写在前面的话

狭义的教材,也叫教科书、课本,是按照教学大纲编写的为学生上课和复习用的书。按这个定义,更应该叫做“学材”。但是在以教师为主体的传统教学理念下,片面强调思想性、科学性,教材越来越板起面孔说教,不大敢照顾启发性、适用性和先进性,更不要说可读性了。这就造成多年来笔者所见到的国内各个层次类型学生用《生理学》书近 20 种,有个性的寥寥。除了医学院校主流教材外,总体上只觉得北京大学陈守良、北京师范大学王玢的有些探索和特色。应该是历史沉淀的章节框架和图文太成熟了吧。可喜的是,近几年来随着教育教学改革的深入,强调学生在教学中的主体地位,生理学教材也变得亲近活跃了些。如科学出版社的几种,增加了每章学习目标、链接、案例、小结、目标检测和教学基本要求等部分,又探索双色、彩色印刷。我们也试图在这本书里作一些探索:框架上组织为几个单元,内容涵盖上有所拓展,加强与相关课程衔接;细分需求,突出为护理类专业培养服务;强调以稳态为核心有机联系,贯穿始终;努力接近学生的视角和语言,增加图表,增强可读性;涉及一点经典发现和历史人物,传递科学精神和人文情怀。我们学习、借鉴了国内外的一些教材,大都列入参考文献或注明了出处,在此表示衷心感谢。我们的努力很希望和欢迎同学们、同行的评价与建议。

本书是科学出版社全国高职高专医药院校课程改革规划教材之一,得到科学出版社卫生职业教育分社领导和编辑们的大力支持和帮助。2009 年冬启动,2010 年元月在武汉召开了主编会议和教材编委会会议,讨论商定了体例、课程间分工衔接和本书的编写大纲等问题。汇总各参编学校培养方案情况,确定课程总学时 72 学时,其中理论讲授 54 学时,实验 18 学时。各院校在实际应用中可以适当调整,有条件的院校推荐适当增加实验学时数和比例。

本书由全国 15 所院校的 17 位教师共同编写,编者大多是教学一线从事生理学教学多年的骨干,大家通力合作完成。编写人员分工如下:马恒东编写绪论、第 8 章、第 9 章第 3、4 节及第 6 章第 1 节,要瑞莉编写第 10 章和实验 12,廖于编写第 5 章和实验 10,马晓飞编写第 11 章,齐建华编写第 6 章第 1、3、4 节和实验 1,孙玉锦编写第 7 章和实验 4、5、6,葛邕编写第 4 章和实验 3,周裔春编写第 12 章,董泽飞编写第 15 章和实验基础知识,葛洪岩编写第 14 章和实验 2,杨铤编写第 9 章第 1 节,廖海荣编写第 9 章第 2 节,杜广才编写第 3 章和第 6 章第 2 节,汪瑞编写第 1、2 章,张霞编写第 13 章,张莉蓉编写实验 7、8,刘丽等编写实验 9、11。全书先由主编和副主编分工初审,最后由马恒东复审统稿。

编出一本学生喜欢、教师好用、自己比较满意的教材是我们的追求,您的评价和建议就是对我们劳动最好的奖赏。通讯地址:625000,四川省雅安市雨城区雅安职业技术学院;电子邮箱:mahd@sicau.edu.cn。



2010 年 5 月于雨城雅安

目 录

写在前面的话

绪论——走进生理学之门 (1)

一、什么是生理学 (1)

二、生理学与医学及护理事业的关系 (4)

三、怎样学好生理学 (4)

第1单元 普通生理学概要

第1章 细胞膜的结构及其基本功能

..... (6)

一、细胞膜的成分与结构 (6)

二、跨细胞膜的物质转运 (7)

三、跨细胞膜的信号转导 (10)

第2章 细胞的生长、增殖、凋亡与

保护 (12)

一、细胞的生长与增殖 (12)

二、细胞凋亡 (13)

三、细胞保护 (13)

第3章 神经的兴奋与传导 (15)

一、细胞的生物电现象与细胞的兴奋 (15)

二、动作电位的产生 (17)

三、动作电位的传导 (19)

第4章 肌肉的兴奋与收缩 (21)

一、兴奋从神经元传递到肌细胞 (21)

二、肌细胞膜上的动作电位通过三联管引起肌浆钙离子浓度骤升 (22)

三、骨骼肌肌原纤维的结构与肌丝滑行 (23)

四、心肌的结构与机能特点 (25)

五、平滑肌的结构与机能特点 (29)

第2单元 机体活动的调控与防御

第5章 机体功能的调节方式与调控

模式 (33)

第1节 稳态是生理学的核心概念

..... (33)

一、人体对外环境的适应 (33)

二、内环境 (33)

三、稳态的概念及其生理意义 (34)

四、生物节律 (34)

第2节 机体功能活动的三大调节方式 (35)

一、神经调节是主导 (35)

二、体液调节是另一种重要方式 (36)

三、器官、组织、细胞的自身调节是补充 (36)

第3节 机体功能活动的调控模式 (36)

一、负反馈还是正反馈 (36)

二、非自动控制系统、前馈控制系统简介 (37)

第6章 神经系统生理 (40)

第1节 神经系统活动的一般规律 (40)

一、神经元有哪些功能 (40)

二、从一个神经元到另一个神经元——突触传递 (41)

三、反射中枢与中枢活动的协调 (43)

四、反射是神经调节的基本方式 (45)

第2节 神经系统的感觉功能与感觉器官 (45)

一、感觉过程的一般原理 (45)

二、光感受器与视觉 (49)

三、听觉与位置觉 (53)

四、其他感受器的功能 (55)

第3节 神经系统对机体活动的调节 (56)

一、神经系统对躯体运动的调控 (56)

二、神经系统对内脏活动的调节 (59)

第4节 神经系统的高级功能	(62)	一、血液的组成和理化特性	(90)
一、学习与记忆	(62)	二、血细胞的概况和生理功能	(92)
二、大脑皮质语言功能	(63)	三、血液凝固与纤维蛋白溶解	(96)
三、脑电图、睡眠与觉醒	(64)	四、血型与输血原则	(98)
第7章 内分泌-激素调节	(69)	第2节 心脏泵血	(100)
第1节 内分泌与激素	(69)	一、心率与心动周期	(101)
一、激素及其分类	(69)	二、心脏的泵血过程与机制	(101)
二、激素的一般生理功能、作用机理和作用特点	(70)	三、心脏泵血功能的评价	(103)
三、激素的代谢	(71)	四、心脏泵血功能的调节	(104)
四、激素分泌的控制	(71)	五、心音与心电图	(105)
第2节 下丘脑和垂体的激素	(72)	第3节 血管生理	(107)
一、下丘脑的内分泌功能	(72)	一、动脉血压与动脉脉搏	(108)
二、腺垂体激素的作用及其调控	(73)	二、静脉血压与静脉血回心	(110)
三、神经垂体激素的作用及其调控	(74)	三、微循环与淋巴回流	(111)
第3节 甲状腺激素	(75)	第4节 心血管活动的调节	(115)
一、甲状腺激素的合成与分泌	(75)	一、降压反射是主要的神经调节	(115)
二、甲状腺激素的生理作用	(76)	二、儿茶酚胺类物质是最重要的全身性体液调节因素	(118)
三、甲状腺激素分泌的调节	(77)	三、自身调节——局部血流调节	(119)
第4节 调节钙、磷代谢的激素	(77)	第10章 呼吸	(123)
一、甲状旁腺激素	(78)	第1节 肺通气——肺泡气体的更新	(123)
二、降钙素	(78)	一、肺通气的动力	(124)
三、维生素 D ₃	(78)	二、肺通气阻力	(126)
第5节 肾上腺皮质和髓质激素	(79)	三、肺通气功能的评价指标	(128)
一、肾上腺皮质激素	(79)	第2节 呼吸气体在肺泡和组织中的交换	(130)
二、肾上腺髓质激素	(80)	一、分压差是气体交换的动力	(130)
第6节 其他内分泌腺和激素	(81)	二、呼吸气体交换的过程及影响因素	(131)
一、生殖激素	(81)	第3节 呼吸气体在血液中的运输	(132)
二、胰岛素	(81)	一、O ₂ 的运输	(132)
三、松果体激素	(83)	二、CO ₂ 的运输	(134)
四、胸腺素	(83)	第4节 呼吸运动的调节	(135)
五、前列腺素	(83)	一、呼吸中枢	(135)
六、外激素	(83)	二、呼吸反射	(135)
第8章 防御系统概述	(85)	第11章 消化和吸收	(141)
一、免疫生理初步	(85)	第1节 消化系统概述	(141)
二、应激与应急反应	(86)	一、消化管的一般结构特点与功能	(141)
三、神经-内分泌-免疫网络	(87)	二、消化腺的分泌	(142)
第3单元 系统器官生理学		三、消化管功能的调节	(143)
第9章 血液与血液循环	(90)		
第1节 血液	(90)		

第2节 消化管各段的消化吸收		第3节 泌乳概述	(189)
功能	(146)		
一、口腔内消化	(146)		
二、胃内消化	(147)		
三、小肠内的消化与吸收	(149)		
四、大肠内消化与排便	(153)		
第12章 能量代谢与体温	(155)		
第1节 能量代谢	(155)		
一、体内能量的来源和利用	(155)		
二、影响能量代谢的主要因素	(156)		
三、基础代谢和基础代谢率	(156)		
第2节 人体恒温的含义与维持	(157)		
一、人体正常体温及其生理变动	(157)		
二、产热与散热	(158)		
三、体温调节	(160)		
第13章 机体排泄与水盐平衡	(163)		
第1节 肾脏生理的基本原理	(163)		
一、肾脏的结构特点	(163)		
二、尿的生成过程与影响尿生成的因素	(165)		
三、尿生成的调节与排尿反射	(173)		
第2节 Na^+ 、 Cl^- 和水平衡的调节	(178)		
一、 Na^+ 、 Cl^- 的代谢	(178)		
二、水代谢	(179)		
第3节 K^+ 、 Ca^{2+} 、 H^+ 的平衡调节	(180)		
一、 K^+ 的调节	(180)		
二、 Ca^{2+} 的调节	(180)		
三、 H^+ 的调节	(180)		
第14章 生殖与泌乳	(183)		
第1节 男性生殖生理	(183)		
一、睾丸的生精作用	(183)		
二、睾丸的内分泌功能	(184)		
第2节 女性生殖生理与避孕	(184)		
一、卵巢的功能	(184)		
二、月经周期及其激素调节	(185)		
三、妊娠	(187)		
四、避孕与计划生育	(188)		
		第4单元 人生各阶段生理特点	
		第15章 生长发育与衰老	(191)
		一、人体生长发育的一般规律	(191)
		二、青春期生长发育的特点	(193)
		三、衰老的表现、原因及延缓衰老	(194)
		生理学实验训练	
		生理学实验基础知识	(199)
		一、生理学实验的目的和要求	(199)
		二、生理学实验常用仪器与手术器械简介	(199)
		三、怎样作好原始记录、写好实验报告	(202)
		生理学实验	(203)
		实验1 反射弧分析	(203)
		实验2 蛙坐骨神经-腓肠肌标本制备	(204)
		实验3 刺激强度、刺激频率与肌肉收缩的关系	(205)
		实验4 红细胞渗透脆性实验,红细胞比容测定	(207)
		实验5 出血时间和凝血时间的测定	(208)
		实验6 人ABO血型鉴定	(209)
		实验7 在体蛙心搏动的观察与起搏点分析	(210)
		实验8 人体基本生命体征观测	(211)
		实验9 家兔胃肠运动观察与胆汁分泌	(214)
		实验10 兔动脉血压的直接测定及其影响因素	(216)
		实验11 哺乳动物呼吸运动的调节	(218)
		实验12 影响家兔尿生成的因素与利尿药的作用	(220)
		参考文献	(222)
		生理学教学大纲	(223)
		目标检测选择题参考答案	(228)

绪论——走进生理学之门

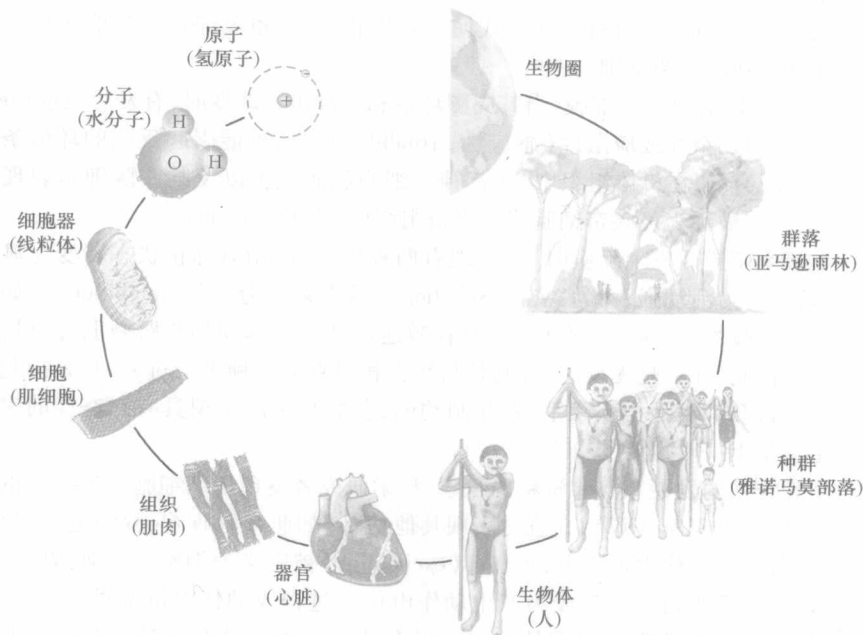
基于世界卫生组织(world health organization, WHO)提出的四维健康观念,现代医学强调生物-心理-社会医学模式,相应地护理事业的服务对象从患者拓展到老年人和健康人,服务场所也从医院拓展到非医疗机构、社区和家庭。这就要求护士生对生命科学有更为广泛的学习。生理学正是护理专业人才培养方案中重要的专业基础课程之一。

一、什么是生理学

生理学(physiology, 20 世纪初该词传入中国时曾被译为“体功学”和“身理”等)是阐述健康人体和高等动物正常生命活动现象及其规律的科学,它是生物科学的一个分支。生理学指人体及动物生理学(《生理学名词》,1989)。由于一般情况下不能对人体进行实验研究,大量的人体生理学知识先是从与人体相近的高等动物机能研究中获得。在一些基本理论问题上,对低等动物的研究曾经使生理学得到重大发展。生命是有结构层次的,相应地生理学也包含了不同水平的内容。

(一) 生命的结构层次

生命的存在显示出从原子、分子、细胞器、细胞到组织、器官、系统和个体,再到种群、群落、生态系统的层次结构(绪图-1)。生物体在元素组成上与非生命体是一致的,但由这些元素构成的糖类、蛋白质、脂肪、核酸等生物大分子则是生物体所特有的。由生物大分子构成一定形态和功能的亚细胞结构——细胞器(organelle),进一步形成生命的基本单位——细胞(cell)。生物细胞有原核细胞和真核细胞之分,并由此产生原核生物和真核生物。真核细胞



绪图-1 生命的结构层次

向更高、更复杂的层次发展,相同细胞聚集成群加上细胞间质形成高等生物的组织(tissue)。由几种不同的组织构成具有一定形态和功能的结构称器官(organ),承担共同任务的器官组成系统(system),不同结构和功能的各系统组成生物个体(organism)。个体总是以一定的方式组成群体或种群。种群中各个体通过有性生殖而交换基因,产生新个体。在同一环境中生活着不同的生物种群,共同组成一个生物群落。生物群落和它所在的无机环境就是一个生态系统。生物圈则是包括地球上所有生物群落在内的最大的生态系统。

人体解剖与组织胚胎学重点阐述正常人体结构,是生理学的主要先修课程;病理学、药理学以及心理学是生理学直接的后续课程。生理学是侧重研究机能(功能,function)的科学,内容主要属于器官、系统水平(如心脏的泵血过程、消化系统从外界获得营养物质和能量),在部分章节涉及细胞、分子水平(如跨膜物质转运、肌细胞收缩)和整体水平(如体温调节)。细胞、分子水平的研究内容可称为普通生理学或细胞生理学。

(二) 生命的基本生理特征

生命区别于非生命的特征有很多,包括化学成分的同一性、严整有序的结构、新陈代谢、生长发育、繁殖与遗传、兴奋性与应激性、适应以及进化、衰老、死亡等。生理学强调新陈代谢、兴奋性、适应性和生殖为生命的基本特征。

1. 新陈代谢 新陈代谢(metabolism)是指机体主动与环境进行物质和能量交换,以及机体内部物质和能量的转变转移过程。从物质运动方向看,新陈代谢过程包括同化作用和异化作用两个基本方面。把从外界环境摄入体内的营养物质合成自身的物质或暂时贮存起来,称为同化作用(主要是合成代谢);而将组成自身的物质或贮存于体内的物质分解,并把分解后的终产物排出体外,称为异化作用(主要是分解代谢)。在进行同化作用时要吸收能量,在进行异化作用时则释放能量。后者所释放的能量,除一部分用于同化作用外,其余的供应机体各种生命活动的需要及产生热量。因此,新陈代谢又可从运动形式上分为物质代谢与能量代谢两个方面,二者密切联系,物质的变化必定伴有能量的转移。机体内物质代谢和能量代谢过程主要在生物化学课程中学习,本书第12章也将阐述能量代谢的基本知识。

新陈代谢是生命的最基本特征,新陈代谢一旦停止,生命也就停止。其他各种生命特征和机能都是建立在新陈代谢基础之上的。

2. 兴奋性 一切活组织或细胞,当其周围环境和条件迅速改变时,有发生反应(reaction)的能力或特性,称为兴奋性或应激性(感应性,irritability)。这种能引起反应的环境条件的变化称为刺激(stimulus)。在机体组织中,通常神经细胞和肌细胞以及某些腺细胞表现出较高的兴奋性,因此它们被称为可兴奋细胞或可兴奋组织(excitable tissue)。

活组织在接受刺激而发生反应时,其表现有两种形式:由相对静止状态转变为显著活动状态,或由活动弱变为活动强,称为兴奋(excitation);反之则称为抑制(inhibition)。如电刺激骨骼肌引起骨骼肌收缩,就属于兴奋反应;而刺激迷走神经引起动物心跳减弱、减慢,就属于抑制反应。所谓抑制,并不是无反应,抑制是与兴奋相对立的一种主动过程,只是抑制必须以兴奋为前提。兴奋和抑制是相互联系、相互制约的,它们都是活组织具有兴奋性的表现。兴奋和抑制是生理学上一对重要的概念。

随着电生理技术的发展和实验资料的积累,科学研究者发现组织细胞表现兴奋的共同特征是产生动作电位(详见第3章),并且是表现其他功能(如肌细胞收缩、腺细胞分泌)的前提或触发因素。因此,在近代生理学中,兴奋性(excitability)被定义为细胞在受刺激时产生动作电位的能力或特性;而兴奋一词就成为产生动作电位的过程或动作电位本身了。可以说,兴奋是兴奋性的表现,兴奋性则是兴奋的前提。兴奋性这一概念是在应激性基础上发展起来的,比应激性的概念要窄一些,是更为常用的术语。

当环境发生改变时,机体或其部分组织的机能与结构也将在某种限度内改变,以求与所在的环境保持动态平衡,这种能力称为适应性(adaptability)。动物越高等,适应性就越强。到了人类,不仅能适应环境,而且能在一定程度上改造环境。长期适应的结果是进化。所以在进化过程中,机能的分化与专门化是机体对外界环境长期适应的结果。适应性建立在细胞、组织兴奋性的基础之上,可理解为是若干细胞、组织兴奋性的有机组合和集中体现。

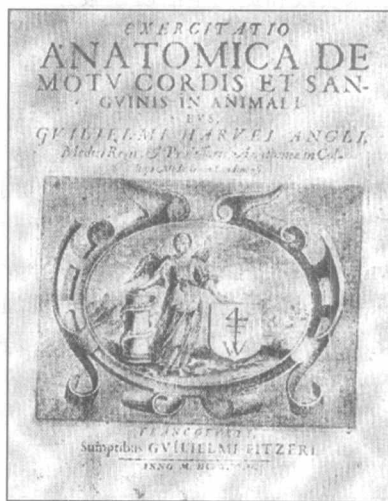
3. 生殖 生长是个体同化作用超过了异化作用的结果。生殖(reproduction)是个体生长发育到一定阶段时可产生相似的另一新个体的过程,也叫自我复制(self-replication)。抽象一点说,生命是一个能记载和表达信息、积累信息、保持和传递信息的信息系统。正因为生命具有自我复制的特性,通过遗传和变异,保持了种群的延续和进化成果的积累。以往认为高等动物只能通过两性生殖细胞结合以形成子代个体。但随着胚胎工程研究的发展,特别是体细胞无性繁殖(克隆,clone)个体——绵羊“多莉”等的出现,正在突破这一传统观念。

新陈代谢、兴奋性和生殖等是生命的基本生理特征,是从生命的普遍现象和种群角度出发讲的,并不一定在每个生物个体上表现出来,也不一定在个体生活史的每一个阶段表现出来。例如,处于休眠状态的孢子几乎停止了代谢,老年个体和某些不育个体不具备生殖特征,但他们仍然具有生命。

(三) 生理学简史与发展方向

可以把生理学的发展粗略地划分为古代生理学知识、近代生理学和现代生理学3个阶段。在人类与疾病的长期斗争中产生了医学,其中不乏对于正常生命现象及规律的认识,即古代生理学知识。其中具有代表性的有我国成书于战国至秦汉时期的《黄帝内经》和古罗马名医盖伦(Galen,129~199)的著作。

1628年,英国医生威廉·哈维(William Harvey, 1578~1657)出版了《心血运动论》一书(绪图-2),奠定了实验生理学的基础,也标志着近代生理学开始从医学中独立出来。直到18世纪中叶生理学发展为一门独立学科。法国著名生理学家、现代医学的奠基人之一克劳德·贝尔纳(Claude Bernard, 1813~1878)于1857年提出了关于内环境及其相对稳定的概念。1927年,美国生理学家坎农(Walter B. Cannon, 1871~1945)将内环境理化性质的动态平衡状态称为稳态。后来稳态概念不断拓展,构成了现代生理学的核心概念。19世纪末20世纪初,分析生理学进一步发展,同时俄国生理学家巴甫洛夫(И. П. Павлов, 1849~1936)开创了综合生理学的研究学派,后来又创立了高级神经活动学说。随着物理、化学等学科和实验技术的发展,生理学进入现代生理学阶段。



绪图-2 《心血运动论》早期版本的封面

现代实验生理学在我国的发展是从20世纪初叶开始的。代表性人物有林可胜、蔡翘等,曾有“北林南蔡”的美誉。林可胜(1897~1969)1924年从美国回国后任北京协和医学院生理学系主任、教授,领导教学和科研工作,1926年联合其他16人成立了中国生理学会,并于次年创办了《中国生理学杂志》(1953年改称《生理学报》至今)。林可胜是消化生理学和痛觉生理学两方面的先驱,曾获国际声誉。蔡翘(1897~1990)于1925年自美国归国后任上海复旦大学生物系生理学教授,后又在上海医学院、中央大学医学院任教授,培养了一代又一代的生理学人才,他在肝的糖代谢、溶血及止血等方面的研究名闻国际。新中国成立后蔡翘领导

了军事劳动生理、航空航天医学以及神经生物学等方面的研究工作。

生理学的发展趋势

一方面,从器官、组织和细胞水平向亚细胞、分子水平深入;另一方面,在分析的基础上综合探讨机体功能问题的整合生理学(integrative physiology)将是主流。另外,生理学的分支(针对不同动物种群和不同环境、生理状态)将得到深入发展。

链 接

二、生理学与医学及护理事业的关系

生理学的任务是使同学们掌握护理专业所必需的人体生理学基本知识和基本技能。通过学习,使学生们具有对人体各器官、系统功能活动参与维持稳态作用的理解能力,可利用生理学知识分析解释生活事例和临床病例;掌握规范、熟练的生理指标测定和机能实验的基本操作技能,对实验结果进行观察和分析的能力;培养学生辩证思维能力和自学能力。在职业素质和态度目标方面,应该具有严谨求实的学习精神、不畏艰苦的学习意志,培养爱护仪器、爱护动物的习惯和热爱生命、救死扶伤、爱岗敬业的职业道德,表现出团结协作精神和人际沟通能力。

生理学是医学的基础,借助理学知识有利于阐明疾病的发生与发展机制,生理实验技术也可以推广应用于临床。生理学是指导护士从事临床护理工作的理论基础。掌握机体生理活动的原理和规律,才能更好地应用它们为预防疾病、增强人民体质和健康水平服务,为医学临床实践和提高生活质量服务。

三、怎样学好生理学

如何看待奥妙复杂的生命现象,历史上的活力论(生机论,vitalism)本质是唯心的,机械论(mechanism)也忽视了生命运动的特殊规律,只有辩证唯物主义才能科学地指导生理学学习。具体观点包括运动和静止相统一、功能和结构相统一、局部与整体相统一(分析与综合方法)、机体与环境相统一以及机体生理活动的共同性和特殊性等。

学好生理学是护士生的基本任务,也是进一步提高和深造的基础。首先,要态度主动,重视课堂,与同学、老师保持良好的沟通互动;其次,要经常复习解剖学、组织学以及物理、化学、生化等相关知识,温故知新;第三,要注重理解,不仅要知其然,还要知其所以然,真正理解的内容就不难记住;第四,要重视实验课,珍惜动手机会,动脑动手相结合,促进知识、技能的掌握和素质的提高;最后,要学会评估,对学习的内容经常反思改进,使知识结构化、系统化,并且结合实际加以应用。

重点提示

1. 在相关学科、课程的关系中,在学科发展的历史长河中理解生理学的内涵和外延;
2. 掌握生命的基本生理特征,特别是兴奋性、兴奋、抑制等基本概念;
3. 通过了解生理学与健康、医学以及护理事业的关系,增强学好生理学的决心和信心。

目标检测

一、名词解释

1. 生理学 2. 新陈代谢 3. 兴奋性 4. 刺激 5. 反应 6. 兴奋 7. 抑制 8. 生殖

二、选择题

1. 人体生理学的任务是阐明()
A. 人体物理变化的规律 B. 人体化学变化的规律 C. 人体细胞的功能
D. 正常人体功能活动的规律 E. 人体与环境之间的关系
2. 可兴奋细胞包括()
A. 神经细胞、肌细胞、骨细胞 B. 神经细胞、骨细胞、腺细胞 C. 神经细胞、肌细胞、软骨细胞
D. 神经细胞、肌细胞、腺细胞 E. 神经细胞、心肌细胞、骨骼肌细胞
3. 生理学的研究内容不包括哪个水平()
A. 细胞、分子水平 B. 器官、系统水平 C. 生态系统水平 D. 个体整体水平 E. 组织水平
4. 可兴奋细胞兴奋时,共有的特征是产生()
A. 神经冲动 B. 收缩反应 C. 分泌 D. 细胞膜电位变化 E. 反射活动

三、简答题

1. 简述生理学的内涵与外延。
2. 生命的基本生理特性通常指什么?试解释它们。
3. 辨析兴奋性与兴奋、兴奋与抑制两对术语。
4. 谈谈你对生理学与护理事业关系的理解。

(马恒东)

第1单元 普通生理学概要

第1章 细胞膜的结构及其基本功能

细胞是生物体的基本结构单位。机体内所有生理功能和生化反应都是以细胞及其产物为物质基础的。离开细胞,要阐明机体和各系统、器官功能活动的机制是不可能的。细胞水平的生理学知识具有很强的基础性、普遍性。因此,学习生理学通常从细胞生理学入手。

膜结构的出现是生物进化中的飞跃。细胞膜是细胞表面一层连续而封闭的界膜,又称质膜或浆膜。它包裹在细胞表面,不仅是细胞结构上的边界,将细胞内容物与细胞外液分开,又是细胞与环境进行物质交换、能量转换及信息传递的桥梁。膜结构被认为是细胞中普遍存在的基本结构,统称为单位膜或生物膜。本章主要介绍细胞膜的成分与结构、跨膜物质转运和跨膜信号传递。

一、细胞膜的成分与结构

细胞膜主要由脂质、蛋白质和少量糖类组成,糖类以糖脂和糖蛋白的形式存在。膜脂是膜的基本骨架,膜蛋白是膜功能的主要体现者。

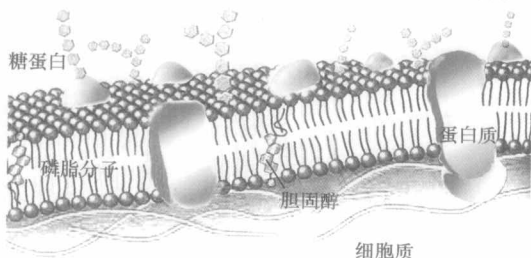


图 1-1 细胞膜的液态镶嵌模型

关于细胞膜的结构,现在公认的是“液态镶嵌模型(fluid mosaic model)”。该模型的基本内容:细胞膜由流动的脂质双分子层和嵌在其中的蛋白质组成。磷脂分子以疏水性尾部相对、极性头部朝向水相组成生物膜骨架,蛋白质或在脂双层内、外表面,或嵌在其内部横跨整个脂质双分子层,表现出分布的不对称性(图 1-1)。

(一) 脂质

脂质主要包括磷脂类、胆固醇和鞘脂类三类。磷脂是构成膜脂的基本成分,占整个膜脂的 70% 以上;其次是胆固醇,一般低于 30%。磷脂分子的主要特征是有一个极性头和两个非极性的尾。甘油磷脂以甘油为骨架,在骨架上结合两个脂肪酸链和一个磷酸基团,胆碱、乙醇胺、丝氨酸或肌醇等碱基分子借磷酸基团连接到脂分子上(图 1-2),构成磷脂酰胆碱(卵磷脂)、磷脂酰乙醇胺(脑磷脂)、磷脂酰丝氨酸以及磷脂酰肌醇。

鞘脂类在脑和神经细胞膜中特别丰富,亦称神经鞘脂。它的基本结构和磷脂类似,但不含甘油,以鞘胺醇为骨架与一条脂肪酸链组成疏水尾部,亲水头部也含胆碱与磷酸。

胆固醇的功能是提高脂双层的力学稳定性,调节脂双层的流动性,降低水溶性物质的通透性。在缺少胆固醇的培养基中,不能合成胆固醇的突变细胞株会很快发生自溶。

膜脂的种类很多,它们的分子结构具有一个共同的特点,就是都具有亲水的极性端和疏

水的非极性端。这样的结构特点使脂类在水相中形成团粒或片状双层结构。

(二) 蛋白质

膜蛋白分子大小不同,形态各异,种类很多。根据膜上蛋白质与脂质结合的方式不同,分为表面蛋白和结合蛋白。表面蛋白,也称附着蛋白,占膜蛋白总量的20%~30%,位于脂质双分子层的内外两侧,借助其肽链中带电的氨基酸或基团与脂质极性基团相互吸引。结合蛋白又称整合蛋白质,占膜蛋白总量的70%~80%,镶嵌或贯穿于整个双分子层中。

根据功能的不同,又将膜蛋白分为运输蛋白、受体蛋白、抗原标志蛋白等。运输蛋白包括载体蛋白、通道蛋白和离子泵等,可以帮助非脂溶性的小分子物质进行跨膜转运。膜蛋白还可以接受环境中的特异刺激或信号,将其传入细胞内,从而使细胞功能活动发生变化。另一些膜蛋白在细胞表面起着“标志”的作用,供免疫系统识别。蛋白质的结构和功能多种多样,导致细胞膜的功能复杂多样,所以细胞膜的功能很大程度上取决于膜蛋白的种类和数量。

(三) 糖类

细胞膜所含糖类甚少,主要是一些寡糖和多糖链。它们都以共价键与膜脂质或蛋白质结合,以糖蛋白和糖脂的形式存在,呈树枝状伸向细胞膜的外表面。糖蛋白和糖脂的结构多样化,使细胞之间借此进行识别和信息交换,也是细胞具有各自抗原性及血型的分子基础。另外,有些糖蛋白和糖脂作为膜受体的“可识别”部分,能特异性地与某种递质、激素或其他化学信号分子相结合,还可能与细胞免疫、细胞黏附、细胞癌变等方面有密切关系。

二、跨细胞膜的物质转运

细胞维持新陈代谢和发挥生理功能就必须同环境不间断地进行物质交换。根据物质进出细胞是否需要细胞本身供能,将小分子和离子的跨膜转运分为被动转运和主动转运。大分子或团块物质则借助更为复杂的出胞、入胞作用通过细胞膜。

(一) 小分子和离子通过细胞膜——被动转运与主动转运

被动转运(passive transport)是指小分子和离子顺浓度梯度和电位梯度(两者都在时合称“电-化学梯度”)进行转运,转运过程中细胞不消耗能量。主动转运(active transport)是指细胞通过本身的耗能,将小分子和离子逆浓度梯度或电位梯度进行跨膜转运的过程。根据细胞膜对物质转运的能量是直接还是间接利用细胞代谢产生的ATP,可将主动转运分为原发性主动转运和继发性主动转运两类。

根据转运过程中是否需要膜蛋白的帮助,被动转运又分为单纯扩散和易化扩散。

1. 单纯扩散 单纯扩散(simple diffusion)是指脂溶性物质由膜的高浓度一侧向低浓度一侧的净移动,是单纯的物理过程,是分子热运动的结果(图1-3)。

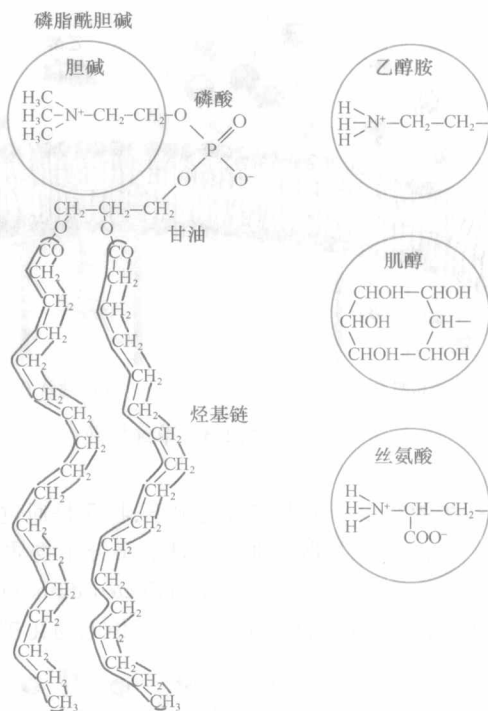


图1-2 磷脂分子结构

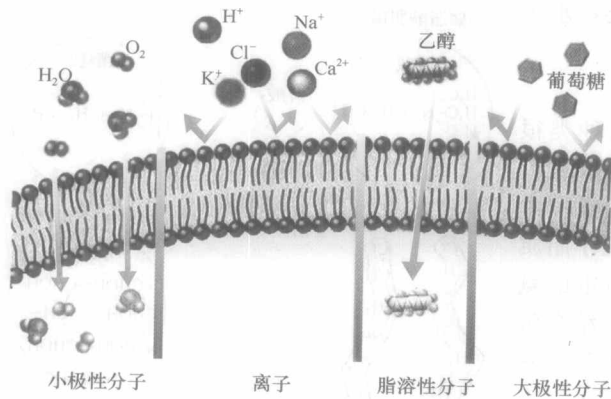


图 1-3 单纯扩散

扩散的速度主要和两个因素有关:一是细胞膜两侧物质的浓度梯度,成正比关系;二是细胞膜对于该物质的通透性,也就是该物质通过细胞膜的难易程度。脂溶性的小分子 O_2 、 CO_2 、 N_2 可以很快透过脂质双分子层,不带电荷的极性小分子,如水、尿素、甘油等也可以透过。具有极性的水分子容易透过是因为水分子小,可通过由膜脂运动而产生的间隙。分子量略大的葡萄糖、蔗糖以及带电荷的物质,细胞膜高度不通透。

显然,细胞的物质转运过程中单纯扩散很少。绝大多数情况下,物质是通过载体或者通道来转运的。

2. 易化扩散 非脂溶性的小分子物质在膜蛋白的“帮助”下,顺浓度梯度和电位梯度扩散的方式,称为易化扩散 (facilitated diffusion)。根据起“帮助”作用的膜蛋白的结构和工作原理不同,易化扩散可分为通过载体的易化扩散和通过通道的易化扩散两种方式(图 1-4)。

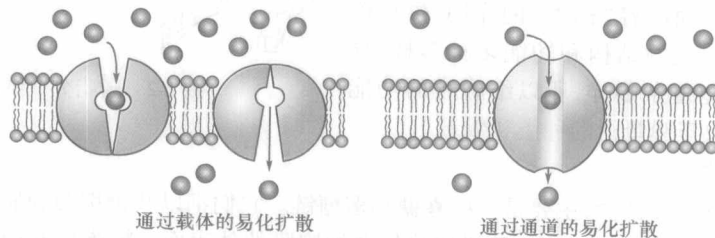


图 1-4 易化扩散

(1) 通过载体的易化扩散:膜载体(carrier)为贯穿脂质双分子层的蛋白质,有与被转运物质特异性结合的位点。膜载体与膜一侧高浓度的某种物质分子结合后,即发生载体蛋白构象的改变,在膜的较低浓度一侧释放出被结合的物质。在转运中载体蛋白质并不消耗,可反复使用。许多重要的营养物质如葡萄糖、氨基酸、核苷酸等都是以前体运输方式进行转运的。

载体运输的特点:①高度特异性:一种载体只能转运某种特定结构的物质,例如葡萄糖载体只能转运右旋葡萄糖,左旋葡萄糖、木糖基本上不转运;②饱和现象:膜载体的数目是一定的,在一定限度内运输速率同物质浓度成正比;如超过一定限度,浓度再增加,运输也不再增加;③竞争性抑制现象:如果一个载体可以同时运载 A 和 B 两种物质,那么当 A 物质转运量增多时,B 物质的转运量必然会减少,这是因为转运量多的 A 物质占据了更多的载体。

(2) 通过通道的易化扩散:通道(channel)是贯穿脂质双分子层的另一类蛋白质,具有允许离子大量快速通过的水相孔道。通道对转运的离子具有一定的选择性,可分为 Na^+ 通道、 K^+ 通道、 Cl^- 通道、 Ca^{2+} 通道等。通道可分为没有“闸门”的渗漏通道和有“闸门”的门控通道两种。

通道蛋白的重要特点是,随着蛋白质分子构型的改变,引起“闸门”打开或关闭,而随之处于不同的功能状态。例如, Na^+ 通道有备用、激活和失活 3 种状态(图 1-5)。细胞在安静状态下,膜上的 Na^+ 通道通常关闭,即处于备用状态;当接受一定刺激(如电刺激)时, Na^+ 通道打开,称为“激活”, Na^+ 顺浓度差内流;之后, Na^+ 通道关闭,处于失活状态。此时, Na^+ 通道不能马上被激

活。根据引起通道开放或关闭的动因不同,通道又可分为电压门控通道、化学门控通道和机械门控通道等。电压门控通道是由细胞膜两侧电位差的变化来控制开闭的;化学门控通道是通过某种化学物质与细胞膜上特殊蛋白质相结合而使通道状态发生改变;机械门控通道则是通过机械作用来控制其开关。

3. 原发性主动转运 目前研究最多、最充分的原发性主动转运(primary active transport)是 Na^+ 和 K^+ 的主动转运。介导这一过程的膜蛋白称为 Na^+-K^+ 泵,或称 Na^+ 泵(sodium pump),本质是 Na^+-K^+ 依赖式ATP酶。

当细胞内 Na^+ 增多或细胞外 K^+ 增多,均可激活 Na^+ 泵,分解ATP。每分解1分子ATP为ADP,释放的能量可从细胞内泵出3个 Na^+ ,同时泵入2个 K^+ ,从而维持细胞内高 K^+ (约为细胞外的30倍)和细胞外高 Na^+ (约为细胞内的10倍)的不均衡离子分布(图1-6右侧)。内源性毒毛花苷(哇巴因,endogenous ouabain,EO)是一种新发现的类固醇类的肾上腺皮质激素,作为内源性的洋地黄物质,可抑制钠泵的活动。

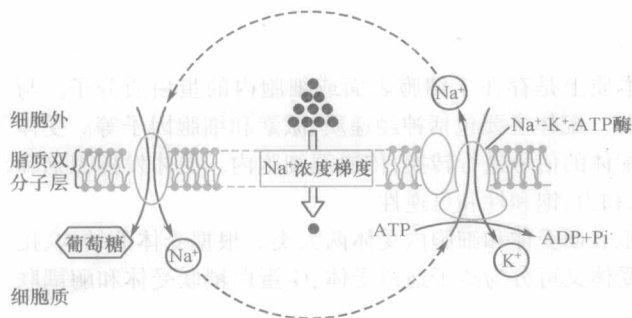


图1-6 原发性主动转运和继发性主动转运

除 Na^+-K^+ 泵外,还有与 Ca^{2+} 、 H^+ 转运有关的 Ca^{2+} 泵和质子泵。这些“泵”的活动,对于维持细胞内环境的稳定亦具有重要意义。

4. 继发性主动转运 继发性主动转运(secondary active transport)见于葡萄糖和氨基酸在小肠黏膜上皮细胞的吸收以及在肾小管上皮细胞的重吸收等(图1-6左侧)。这些物质逆电-化学梯度转运,所需的能量不是直接来自ATP的分解,而是来自 Na^+ 泵活动所造成的膜内外 Na^+ 的势能贮备。被转运物质和 Na^+ 向同一方向的转运,称为同向协同转运,如葡萄糖、氨基酸的吸收和重吸收;被转运物质和 Na^+ 向相反方向的转运,称为逆向协同转运,如 Na^+-H^+ 交换和 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}$ 交换等。

(二) 大分子和物质团块通过细胞膜——出胞入胞作用

大分子或团块物质不能直接穿越细胞膜,需经过细胞膜复杂的活动进行跨膜转运。其中,将物质转运到细胞内的过程,称为入胞(endocytosis);将物质转运到细胞外的过程,称为出胞(exocytosis)(图1-7)。

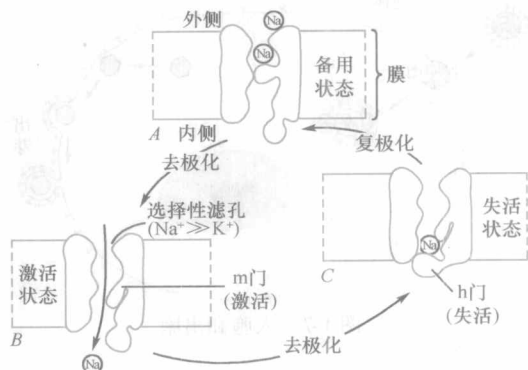


图1-5 钠通道开关的主要情况

据估计细胞把代谢所获能量的20%~30%用于钠泵的转运。^{*}钠泵活动具有重要的生理意义。钠泵活动所造成的膜内外 Na^+ 和 K^+ 的不均衡分布,可建立离子势能贮备,供细胞的其他耗能过程利用,如许多物质的继发性主动转运。在特定条件下, Na^+ 和 K^+ 通过各自的离子通道顺电-化学梯度被动转运,从而产生各种形式的生物电现象。

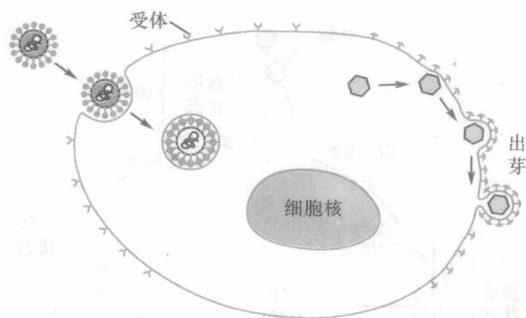


图 1-7 入胞和出胞

入胞的方式分为两种,吞噬和吞饮。巨噬细胞等少数细胞将大的颗粒或微生物吞入细胞的过程,称为吞噬(phagocytosis)。细胞外某些液态物质进入细胞的过程,称为吞饮(pinocytosis)。例如,一些生长因子等,可与细胞表面的特异性受体结合,膜内陷、离断,在胞质内形成吞饮泡,这样可大量、快速地转运特定的物质。出胞作用主要见于内分泌腺分泌激素、消化腺细胞分泌消化酶、神经末梢释放递质等。

入胞作用和出胞作用都伴随着膜的复杂运动,都需要消耗能量。

三、跨细胞膜的信号转导

机体在正常的新陈代谢的过程中,除了物质和能量的交换外,还要接受环境中各种条件的刺激,并且必须具有稳态平衡的能力。细胞外的各种信息常作用于细胞膜表面(少数的类固醇激素和甲状腺激素除外),通过引起膜结构中一种或数种特殊蛋白质分子的变构作用,引起细胞内的代谢活动发生变化,称为跨膜信号转导(transmembrane signal transduction)或跨膜信号传递(transmembrane signaling)。所有化学信号都是与受体结合,通过几种相近的方式将信号传递至细胞内。

(一) 配体与受体

受体(receptor)是信号的接收者,本质上是存在于细胞表面或细胞内的蛋白质分子。与受体相对应,信号分子称为配体(ligand)。配体主要包括神经递质、激素和细胞因子等。受体的作用有两个:一是识别配体;二是将配体的信号进行转换,传递至细胞内。受体发挥识别和信号转换作用时具有高度特异性、高亲和力、饱和性和可逆性。

受体按照其在细胞的位置分为细胞表面受体和细胞内受体两大类。根据受体的结构、接收信号的种类、转换信号方式的不同,受体又可分为离子通道受体、G-蛋白耦联受体和酶耦联受体三大类。

(二) 由具有特异感受功能通道介导的跨膜信号转导

有些细胞膜上的化学门控通道就具有受体的功能。例如,神经-骨骼肌接头的兴奋传递就是离子通道介导的跨膜信号转导。骨骼肌细胞终板膜上的N型胆碱能受体即是一种离子通道耦联受体,它与运动神经末梢释放的ACh结合,可使离子通道开放,引起经通道的 Na^+ 、 Ca^{2+} 内流,产生终板电位和动作电位,从而实现跨膜信号转导(详见第4章“一、兴奋从神经元传递到肌细胞”)。

此外还有电压门控通道和机械门控通道(如内耳毛细胞)能完成跨膜信号传递功能。

细胞间通道

组织学上称为缝隙连接处存在另外一种类型的通道,相邻两细胞的膜仅相隔2.0 nm左右,两细胞膜由一组六角形的亚单位接通。这种可直接进行两细胞胞浆内物质交换的通道称为细胞间通道(intercellular channel)。细胞间通道多见于肝细胞、心肌细胞、肠平滑肌细胞和一些神经细胞之间。细胞间通道的存在有利于功能相同而又密接的一组细胞之间进行离子、营养物质及信息物质的沟通,实现同步性活动。

链接