



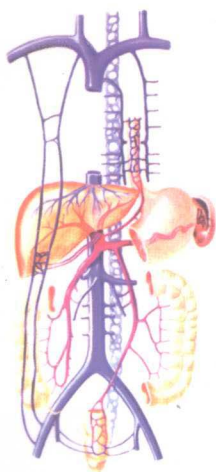
uman Anatomy and Physiology

人体解剖

生理学

(第2版)

主编 吴玉林 颜天华



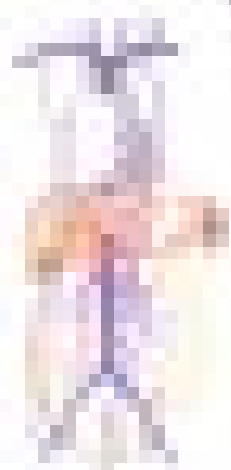
东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS



人体解剖

生理学

第1版



中国医药出版社有限公司

人体解剖生理学

(第 2 版)

主 编	吴玉林	颜天华
副主编	方伟蓉	
主 审	王秋娟	
编 者	吴玉林	王秋娟 颜天华
	李运曼	方伟蓉

东南大学出版社
• 南京 •

内 容 提 要

本书由中国药科大学生理教研室根据教学大纲和教学计划编写而成。全书分为绪论、细胞与基本组织、正常人体解剖结构、人体的基本生理功能、血液、循环系统生理、呼吸系统生理、消化系统生理、体温、泌尿系统生理、神经系统生理、特殊感觉器官生理、内分泌生理及生殖系统生理,及一些重要的人体解剖生理学实验等内容。书中配有大量图表,每章开篇之前都编有要点,章末附有复习思考题,便于学生自学。

本书是用于药学专业大专生、药学相关专业本科生使用,也可作为药学专业本科生课外自学辅导用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人体解剖生理学 / 吴玉林, 颜天华主编. —2 版.

—南京: 东南大学出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-5641-3396-2

I. ①人… II. ①吴… ②颜… III. ①人体解剖学:
人体生理学 IV. ①R324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 049010 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 江建中

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂印刷

开本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 17.25 字数: 430 千字

2012 年 7 月第 2 版 2012 年 7 月第 9 次印刷

印数: 49001~55000 册 定价: 28.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话: 025-3795801)

再版前言

《人体解剖生理学》教材自出版发行至今已有9年时间。在这9年时间里,该教材广泛应用于药学及其相关专业专科生、药学专业成人教育本科生及专科生的日常教学,并得到广大师生的一致好评。

随着生理、药理等学科的迅速发展和学科间相互交叉渗透的新形势,有许多新的内容和知识需要及时反映出来,以满足广大学生学习的迫切需要,因此我们对本教材进行了再版工作。

本版相关内容的排列顺序并未改变,但增加了一些新内容及一些重要的生理学实验,供学生学习参考用。在该版的编写和修改过程中,国内已出版的解剖学、生理学和人体解剖生理学教科书给了我们很多的启示和参考;并得到了中国药科大学王秋娟、郭青龙、李运曼教授的关怀和支持,在此我们表示衷心感谢。

教材的编写尚存在一些不足,请各院校师生提出指正。

编 者

2012年6月

前 言

本教材是根据新修改的教学计划和教学大纲编写的。为编写好本教材,编者集思广益,博采众长,结合多年的教学经验,坚持强化基础、强化理论和强化应用,注重思想性、科学性和先进性,详略得当地介绍了人体解剖生理学的基本知识体系,使教材内容有一个合理的覆盖面,具有普遍的适用性。

本教材在结构安排和版式设计上,参考国内外统编教材并作了一些调整。在每章前有要点,对本章内容起提纲挈领作用,以便学生掌握重点;将重点概念标记为黑体,以便醒目引起学生重视;在每章末附有复习思考题,是学生应该掌握和熟悉的内容,有些题不能直接从书本中找到答案,要根据已学知识去分析归纳,体现本学科的学习方法和特点,培养学生分析推理和举一反三的能力。藉此,期望本教材在促进学生掌握人体解剖生理学的基本理论知识中发挥助学和导学的作用。

本教材在编写过程中,国内已出版的解剖学、生理学和人体解剖生理学教科书给了我们很多的启示和参考,因此,本书的出版要感谢这些教科书的主编和编者。

根据本教材在使用过程中的反馈建议及生理学发展的最新进展,我们对部分章节进行了修改,热忱欢迎同行和读者进行批评指正。

编 者

2005 年 12 月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、人体解剖生理学的研究对象和任务	(1)
二、生理学研究的三个水平	(1)
三、生理学的实验方法	(2)
四、人体解剖生理学 and 现代医药学的关系	(2)
第二章 细胞与基本组织	(3)
第一节 细胞	(3)
一、细胞的结构和功能	(3)
二、细胞的增殖	(7)
第二节 基本组织	(9)
一、上皮组织	(9)
二、结缔组织	(13)
三、肌组织	(14)
四、神经组织	(17)
第三章 正常人体解剖结构	(20)
第一节 运动系统	(20)
一、骨与骨连结	(21)
二、肌肉	(26)
第二节 消化系统	(28)
一、消化管	(29)
二、消化腺	(31)
第三节 呼吸系统	(33)
一、呼吸系统的组成	(33)
二、胸膜和胸膜腔	(36)
第四节 泌尿系统	(36)
一、肾的解剖	(36)
二、输尿管、膀胱、尿道的构造	(37)
第五节 生殖系统	(38)
一、男性生殖系统	(38)
二、女性生殖系统	(39)
第六节 循环系统	(41)
一、心脏	(41)
二、血管	(44)
三、淋巴系统	(48)

第七节 神经系统	(50)
一、脊髓和脊神经	(50)
二、脑和脑神经	(54)
三、躯体的感觉传导通路和投射系统	(62)
四、运动传导通路	(63)
五、植物性神经系统	(65)
第八节 内分泌系统	(67)
第四章 人体的基本生理功能	(70)
第一节 生命活动的基本特征	(70)
一、新陈代谢	(70)
二、兴奋性	(71)
三、生殖	(71)
第二节 生理功能的调节	(71)
一、机体的内环境与稳态	(71)
二、生理功能的调节方式	(72)
第三节 细胞的基本生理过程	(73)
一、细胞的生物电现象及其产生机制	(73)
二、兴奋在同一细胞上的传导	(77)
三、神经—肌接头处的兴奋传递	(78)
第四节 骨骼肌的收缩	(79)
一、骨骼肌收缩的外在表现	(79)
二、骨骼肌收缩的原理	(80)
第五章 血液	(83)
第一节 血液的组成与理化特性	(83)
一、血液组成和血量	(83)
二、血浆的化学成分及其生理功能	(84)
三、血液的理化特性	(85)
第二节 血细胞的形态和生理	(86)
一、红细胞	(86)
二、白细胞	(88)
三、血小板	(90)
第三节 血液凝固与纤维蛋白溶解	(91)
一、生理性止血	(91)
二、凝血因子	(91)
三、血液凝固与抗凝	(92)
四、纤维蛋白溶解系统	(94)
第四节 血型 and 输血	(95)
一、血型	(95)
二、输血原则	(97)

第六章 循环系统生理..... (98)

第一节 心脏生理..... (99)

一、心肌细胞的生物电现象 (99)

二、心肌的生理特性 (101)

三、心脏的泵血功能 (105)

四、体表心电图 (109)

第二节 血管生理..... (111)

一、血管、血流量、血流阻力 (111)

二、动脉血压与脉搏 (111)

三、静脉血压与血流 (113)

第三节 心血管活动的调节..... (114)

一、神经调节 (114)

二、体液调节 (118)

第四节 微循环、组织液与淋巴循环 (120)

一、微循环 (120)

二、组织液的生成与回流 (122)

三、淋巴循环 (123)

第七章 呼吸系统生理..... (125)

第一节 肺通气..... (126)

一、肺通气的动力 (126)

二、肺通气的阻力 (128)

三、肺容量和肺通气量 (128)

第二节 气体交换和运输..... (130)

一、气体交换 (130)

二、气体在血液中的运输 (131)

第三节 呼吸运动的调节..... (133)

一、呼吸中枢与呼吸节律 (133)

二、呼吸运动的反射性调节 (134)

第八章 消化系统生理..... (137)

第一节 概述..... (137)

一、消化、吸收的概念和消化的方式 (137)

二、消化管平滑肌的生理特性 (138)

三、消化腺及其分泌 (139)

四、胃肠激素 (139)

五、消化器官的神经支配及其作用 (140)

第二节 口腔内消化..... (141)

一、口腔内的机械消化 (141)

二、口腔内的化学消化 (141)

第三节 胃内消化..... (142)

一、胃的机械消化	(142)
二、胃的化学消化	(143)
第四节 小肠内消化	(146)
一、小肠内的机械消化	(146)
二、小肠内的化学性消化	(147)
第五节 吸收	(149)
一、吸收部位	(149)
二、吸收的机制	(149)
三、主要营养物质的吸收	(150)
第六节 大肠的功能	(152)
一、大肠液的分泌和细菌的活动	(152)
二、大肠的运动和排便	(153)
第九章 体温	(155)
第一节 人体正常体温及其生理变动	(155)
一、人体各部位的体温	(155)
二、体温的生理变动	(155)
第二节 机体的产热和散热	(157)
一、产热过程	(157)
二、散热过程	(158)
第三节 体温调节	(159)
一、温度感受器	(159)
二、体温调节中枢	(160)
三、体温调节机制——调定点学说	(160)
第十章 泌尿系统生理	(162)
第一节 肾的功能解剖与血液供应	(163)
一、肾的功能解剖	(163)
二、肾的血液循环特点	(163)
第二节 尿的生成过程	(164)
一、肾小球的滤过	(164)
二、肾小管与集合管的重吸收	(167)
三、肾小管与集合管的分泌和排泄	(170)
第三节 尿液的浓缩和稀释	(172)
一、尿浓缩和稀释的机制	(172)
二、影响尿浓缩和稀释的因素	(175)
第四节 尿生成的调节	(175)
一、肾内自身的调节	(175)
二、神经体液调节	(175)
第五节 尿液及其排放	(178)
一、尿液	(178)

二、排尿	(178)
第十一章 神经系统生理	(180)
第一节 中枢神经系统活动的基本规律	(181)
一、神经元的基本功能	(181)
二、中枢神经系统活动的基本方式——反射	(181)
第二节 神经系统对躯体运动的调节	(185)
一、脊髓对躯体运动的调节	(185)
二、低位脑干对肌紧张的调节	(187)
三、小脑对运动的调节	(187)
四、基底神经节对运动的调节	(188)
五、大脑皮层对运动的调节	(188)
第三节 神经系统对内脏活动的调节	(189)
一、自主神经系统	(189)
二、自主神经系统的中枢调节	(193)
第四节 神经系统的感觉分析功能	(193)
一、感觉信息传入的两种系统	(194)
二、大脑皮质的感觉分析功能	(195)
三、痛觉	(196)
第五节 脑的高级功能	(198)
一、学习与记忆	(198)
二、大脑皮层的电活动——脑电图	(200)
三、大脑皮层的语言功能	(201)
四、睡眠	(202)
第十二章 特殊感觉器官生理	(205)
第一节 概述	(205)
第二节 视觉	(206)
一、眼的折光功能及其调节	(206)
二、眼的感光功能	(209)
第三节 听、位觉器官生理	(210)
一、听觉生理	(210)
二、平衡功能	(210)
第十三章 内分泌系统生理	(212)
第一节 概述	(212)
一、激素的分类	(213)
二、激素作用的共同特点	(213)
三、激素的作用机制	(213)
第二节 下丘脑—垂体系统的内分泌功能	(215)
一、下丘脑—垂体结构和功能的联系	(215)
二、腺垂体激素	(216)

三、神经垂体激素	(217)
四、下丘脑—腺垂体—外周靶腺轴	(217)
第三节 甲状腺	(218)
一、甲状腺激素的合成与代谢	(218)
二、甲状腺激素的生物学作用	(219)
三、甲状腺激素分泌的调节	(220)
第四节 肾上腺	(221)
一、肾上腺皮质	(221)
二、肾上腺髓质	(223)
第五节 胰岛	(224)
一、胰岛的形态与结构	(224)
二、胰岛素的生物学作用及其分泌调节	(224)
三、胰高血糖素的生物学作用及其分泌调节	(225)
第六节 甲状旁腺和甲状腺 C 细胞	(225)
第十四章 生殖系统生理	(227)
第一节 女性生殖	(227)
一、卵巢的功能	(227)
二、月经周期	(228)
三、卵巢功能和月经周期激素分泌的调节	(229)
四、妊娠与分娩	(230)
第二节 男性生殖	(231)
一、生精作用	(231)
二、内分泌功能	(232)
第十五章 《人体解剖生理学》教学大纲(233)	
一、说明	(233)
二、教学内容和要求	(233)
三、教材及主要参考书	(238)
第十六章 《人体解剖生理学》实验	(239)
实验须知	(239)
实验一 动物活体解剖	(240)
实验二 组织兴奋性的观察	(242)
实验三 脊髓反射	(246)
实验四 血液凝固	(248)
实验五 家兔动脉血压的神经体液调节	(250)
实验六 家兔呼吸运动的调节	(253)
实验七 离体肠肌运动	(256)
实验八 尿生成的影响因素	(258)
实验九 胰岛素的生理作用	(262)
附录 常用生理溶液的配制	(263)

第一章 绪 论

要点

1. 人体解剖生理学由人体解剖学和人体生理学两部分组成,侧重点为人体生理学。
2. 生理功能及机制需从细胞和分子水平、器官和系统水平、整体水平进行研究,三个水平的研究是相互联系、相互补充的。
3. 生理学是以实验为基础的学科,生理学实验分为急性实验法和慢性实验法。

一、人体解剖生理学的研究对象和任务

人体解剖生理学由人体解剖学和人体生理学两部分组成。前者是研究人体各部正常形态、结构的科学;后者是研究人体生命活动的规律或生理功能的科学。人体解剖学和人体生理学既有不同的研究对象,二者又有密切联系。结构是功能的基础,而某种生理功能则是某特定结构的运动形式。因此,人体解剖学和人体生理学也可合并为一门课程,即人体解剖生理学。在这门课程中侧重点为生理学,而解剖学则是学习生理学必要的基础。

解剖学又分为大体解剖学、组织学和胚胎学。**大体解剖学**是借助手术器械切割尸体的方法,用肉眼观察机体各部分形态和结构的科学。**组织学**则是借助显微镜研究组织细胞的微细结构,目前已发展到用电子显微镜研究细胞内的超微结构。**胚胎学**是研究由受精卵发育到成体过程中的形态结构发生的科学。人体的结构十分复杂,细胞是构成人体的基本单位,由细胞构成组织,组织构成器官,器官再构成系统。人体解剖学通常把人体全部构造分成运动、循环、呼吸、消化、泌尿、神经、内分泌等系统(详见第三章)。

人体生理学的研究对象是人体的各种生命现象或生理功能。如呼吸、循环、消化、肌肉运动等生理功能的特点、发生机制与条件及机体内、外环境中各种因素变化对这些功能的影响等都是生理学研究的任务。

二、生理学研究的三个水平

由于生命现象的复杂性,需要从不同水平提出问题,进行研究。生理学的研究可分为三个水平:①在细胞和它所含的物质分子水平,研究细胞的生理特性及构成细胞的物质的物理、化学特性,这方面的知识称为细胞和分子生理学。②在器官、系统水平研究各器官系统生理活动的规律及其影响因素等,称为器官和系统生理学。③在整体水平研究机体各器官、系统的相互关系以及机体与环境之间的相互联系,称为整体生理学。

由于不同水平的研究有不同的科学规律,所以要全面阐明某一生理功能的机制必须从细胞和分子、器官和系统以及整体水平进行综合研究。在应用相关知识时,不能把不同水平的规律简单地套用,完整机体的生理功能不等于局部生理功能在量上的相加,而是有其本身

复杂的生理规律。

三、生理学的实验方法

生理学是一门实验学科,现有的生理学知识大量来自动物实验的结果。生理学实验通常是在人工控制的条件下,观察某一生理过程,分析其产生的机制及各种因素的影响等。生理学实验方法归纳起来分为急性实验法和慢性实验法两大类。

(一) 急性实验法

1. 离体器官或组织实验法 从活着的动物身上取出要研究的组织或器官,置于近乎生理状态的人工环境中进行实验和观察。如可以取出蛙心,用接近蛙体液成分的液体(Ringer溶液)灌流,使蛙心能继续不断地跳动,在这样的标本上可观察各种物质对蛙心收缩功能的影响;又如可以在离体的神经纤维上研究生物电活动。这种方法的优点是排除了其他因素的影响,但不能完全代表正常机体内的真实情况。

2. 活体解剖(在体)实验法 通过麻醉或去大脑等方法,使动物在失去知觉但仍存活的情况下进行实验。一般先进行手术,暴露某些器官或组织,再进行实验观察。如分离出动物的颈总动脉,记录血压,再分离出颈迷走神经,刺激之,则可观察迷走神经兴奋对动脉血压的影响。这是生理学实验中较常用的方法,其优点是实验条件可以人工控制,实验结果可以重复验证,对机制可以进行分析。

(二) 慢性实验法

慢性实验法是以完整、健康而清醒的机体为对象,通常在施行一定的外科手术后(也可不手术),在与外界环境保持自然的条件下,对某一项功能进行研究。由于这种动物可以较长期存活和进行实验,故称为慢性实验法。

近二三十年来,由于基础科学和新技术的发展,生理学研究广泛应用了现代技术手段(如微透析技术、膜片钳技术等)和跨学科的实验技术(如分子生物学、免疫组化技术等),使生理学研究在细胞、分子水平有了更深入的发展。同时由于学科的交叉渗透和先进技术的采用,使整体生理学也取得很大进展,并产生了新的研究领域如神经免疫内分泌学等,这些也是当今生理学发展的总趋势。

四、人体解剖生理学和现代医药学的关系

人体解剖学和人体生理学都是现代医药学的基础,二者合并而成的人体解剖生理学与药学专业的其他基础课程如生物化学、药理学关系密切,彼此还互相促进。药学工作者在寻找新药和新剂型、研究药物的药理和毒理作用时,解剖生理学是必不可少的基础理论之一;同时在研究和实践过程中又不断对解剖生理学提出新的课题,从而推动解剖生理学理论的发展。

复习思考题

1. 生理学的研究方法有哪些?可从哪些水平研究?
2. 生理学实验可分为哪两类?各自有什么特点?

第二章 细胞与基本组织

要点

1. 细胞是人体和其它生物体形态和功能的基本单位。细胞分为细胞膜、细胞质和细胞核三部分。
2. 细胞膜主要由脂质、蛋白质和糖类等物质组成。液态镶嵌模型认为生物膜是以液态的脂质双分子层为骨架,其中镶嵌着具有不同分子结构,从而具有不同生理功能的蛋白质。
3. 单纯扩散和易化扩散都是顺浓度差和顺电位差移动,不需要细胞供能,这种转运方式称为被动转运。主动转运是指细胞膜将物质分子或离子从浓度低的一侧向浓度高的一侧转运的过程,需要细胞代谢供给能量。
4. 入胞又称内吞,是指细胞外某些物质团块进入细胞的过程;出胞又称胞吐,是指某些物质由细胞排出的过程,主要见于细胞的分泌活动。
5. 结构和功能类似的细胞及其周围的细胞间质一起构成组织。人体有四种基本组织:上皮组织、结缔组织、肌组织、神经组织。
6. 骨骼肌的基本组成成分是骨骼肌纤维,其肌浆中含有丰富的肌原纤维和肌管系统。肌原纤维都有明暗相间的横纹,明带又称 I 带,暗带又称 A 带。在明带中部有色深的间线,称 Z 线,在暗带中部有较明亮的 H 带,在 H 带的中部有色深的中线称 M 线。肌管系统由凹入肌细胞内的肌膜(横管)和肌质网(纵管)组成,每一横管和其两侧的终池共同构成三联管。
7. 神经组织是由神经元(即神经细胞)和神经胶质细胞组成的。神经元具有接受刺激、传导神经冲动的作用;神经胶质细胞则是在神经组织内对神经元起着支持、联系、营养、保护等作用。
8. 神经元包括胞体和突起两部分,突起又分为树突和轴突两种。根据突起数目的不同,神经元分为三类:①假单极神经元;②双极神经元;③多极神经元。根据功能的不同,神经元分为三种:①感觉神经元;②运动神经元;③联络神经元。
9. 神经纤维分为有髓(鞘)神经纤维和无髓(鞘)神经纤维两种。

第一节 细 胞

一、细胞的结构和功能

细胞是人体和其它生物体形态和功能的基本单位,尽管形态、结构和功能有所不同,但都是由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成(图 2-1)。

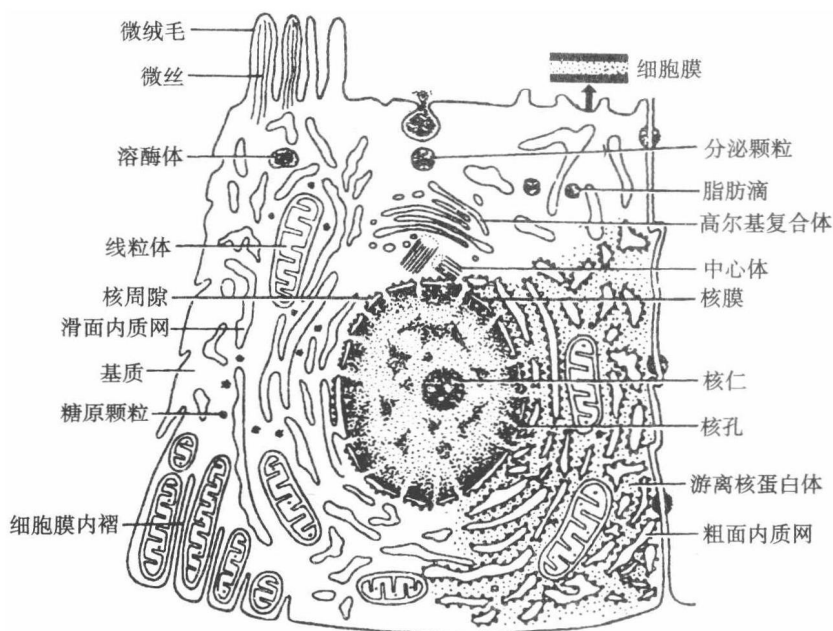


图 2-1 细胞超微结构模式图

(一)细胞膜

1. 细胞膜的化学组成和分子结构 细胞膜是细胞表面的一层薄膜,又称质膜。厚约 7.5~10 nm。主要由脂质、蛋白质和糖类等组成。一般以脂质和蛋白质为主,糖类只占少量,但各种细胞膜中这些物质的比例和组成有所不同。这些物质分子是怎样组装成膜结构的呢? 1972 年, Singer 和 Nicholson 提出了**液态镶嵌模型假说**(图 2-2)。这个假说的基本内容是:细胞膜是以液态的脂质双分子层为骨架,其中镶嵌着具有不同分子结构,从而具有不同生理功能的蛋白质。脂质分子都是长杆形,它们的一端是亲水性极性基团,另一端是疏水性非极性基团。由于水分子的排斥作用,形成脂质分子的亲水性基团朝向膜内外两边的水溶液,而疏水性基团朝向膜内部。膜的蛋白质分子,有的嵌入脂质双分子层之间称为**嵌入蛋白质**,有的附着在脂质双分子层的外表面称为**表面蛋白质**。

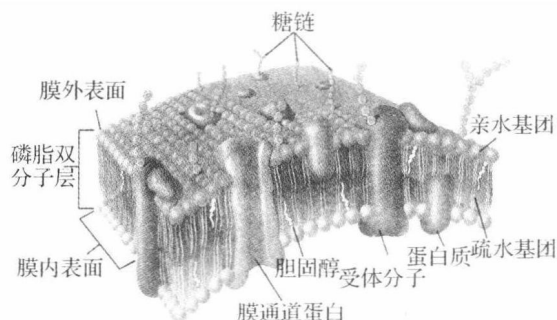


图 2-2 细胞膜的液态镶嵌模型

(注意:外侧蛋白质和脂质分子上可能存在的糖链未画出)

膜蛋白质具有不同的分子结构和功能,膜所具有的各种功能在很大程度上与膜所含蛋白质有关。根据细胞膜蛋白质的不同功能,大致可将其归为这几类:与细胞膜的物质转运输有关的蛋白质,如载体、通道和离子泵等;与“辨认”和“接受”细胞环境中特异的化学性刺

激有关的蛋白质,统称为受体;属于酶类的膜蛋白质;与细胞的免疫功能有关的膜蛋白质;此外,尚有大量目前还不确知其具体功能的膜蛋白质。

细胞膜所含的糖类较少,主要是一些寡糖和多糖,它们都以共价键的形式和膜内的脂质或蛋白质结合,形成糖脂和糖蛋白。糖脂和糖蛋白的糖链部分,几乎都裸露于膜的外表面。由于组成这些糖链的单糖在排列顺序上有差异,这就成为它们在细胞或它们所结合的蛋白质的特异性的“标志”。例如,由于细胞膜上糖链化学结构不同就使红细胞膜上抗原物质具有不同性质,因而血液也相应的被分为不同的血型。在人的 ABC 血型系统中,红细胞膜上是 A 凝集原还是 B 凝集原的差别仅在于膜糖脂的糖链中一个糖基的不同。

2. 细胞膜的跨膜物质转运功能 细胞在新陈代谢过程中,要从细胞外液摄取所需物质,同时又要将某些物质排出细胞,常见的跨膜转运物质的方式有以下几种:

(1)单纯扩散:单纯扩散是指物质分子从浓度高的区域向浓度低的区域移动的现象。一般条件下,通过膜的扩散量与该物质分子的浓度梯度和电位差成正比。由于在细胞内和细胞外液体之间存在着一层主要由脂质构成的膜,因此只有一些能溶解于脂质的物质,才有可能由膜的高浓度一侧向低浓度一侧扩散。只有少数物质如 O_2 、 CO_2 及其它脂溶性小分子物质等通过这种方式转运。

(2)易化扩散:不溶于脂质或很难溶于脂质的某些物质,如葡萄糖、氨基酸等分子和 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 等离子,在一定情况下,也能顺浓度差通过细胞膜,但它们是借助于细胞膜结构中某些特殊蛋白质的帮助而进行的。因此,称之为易化扩散。

一般认为易化扩散至少可分为以下两种类型。一种是以细胞膜上的镶嵌蛋白质即“载体”为中介的易化扩散,葡萄糖、氨基酸等顺浓度差通过细胞膜就属于这种类型。另一种是以所谓“通道”为中介的易化扩散,一些离子,如 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 等顺浓度梯度通过细胞膜,即属于这种类型。“通道”也是镶嵌在细胞膜内的一种蛋白质,称通道蛋白质,简称“通道”。参与转运不同离子的通道蛋白质分别称为 Na^+ 通道、 K^+ 通道、 Ca^{2+} 通道等。

单纯扩散和易化扩散的共同特点是:物质分子或离子都是顺浓度差和顺电位差移动;物质转移所需能量来自溶液浓度差所包含的势能,因而不需要细胞另外供能。这样的转运方式称为被动转运。

(3)主动转运:主动转运是指细胞膜将物质分子或离子从浓度低的一侧向浓度高的一侧转运的过程,这种转运需要消耗能量。通过细胞膜主动转运的物质有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 H^+ 、 I^- 、 Cl^- 等离子和葡萄糖、氨基酸等分子。其中最重要的是“钠钾泵”。钠钾泵是镶嵌在膜脂质双分子层中的一种膜蛋白质,这种蛋白质不仅有转运物质的功能,而且具有三磷酸腺苷酶的活性,当它被激活时可以分解三磷酸腺苷(ATP)释放能量,并利用此能量进行 Na^+ 、 K^+ 的主动转运。钠钾泵在一般生理情况下,分解 1 分子 ATP,可以使 3 个 Na^+ 移出膜外,同时有 2 个 K^+ 移入膜内。主动转运是人体最重要的物质转运形式,除上述的钠钾泵外,还有钙泵、氢泵、碘泵等。

(4)入胞和出胞:一些大分子物质或物质团块进出细胞是通过细胞的入胞和出胞形式来实现的(图 2-3)。这涉及细胞膜结构和功能发生较大的变化。入胞又称内吞,是指细胞外某些物质团块进入细胞的过程。出胞又称胞吐,是指某些物质由细胞排出的过程,这主要见于细胞的分泌活动。如内分泌腺把激素分泌到细胞外液中,外分泌腺把酶原颗粒和黏液等分泌到腺管的管腔中,以及神经细胞的轴突末梢把递质分泌到突触间隙中。