

高等医药院校教材

供药学专业用

人体解剖生理学

第三版

钱梓文 主编

人 民 卫 生 出 版 社



说 明

这套“普通高等教育医药类规划教材”是卫生部组织编写的规划教材。初版始于1978年,迄1983年出齐。1985年至1989年进行了第二轮修订。这次第三轮修订工作是1990年开始的。由于出版单位和课程设置的变动,故新版教材的版次略有不同,多数为第三版,少数为二版和一版,请读者注意。本教材紧密结合药学专业培养目标要求,着重基础理论基本知识,亦反映本学科的新发展。本教材可供药学及相关专业选用。全套教材现为19种,均经卫生部聘任的全国药学专业教材评审委员会审定。教材名录如下:

- | | |
|-------------------|--------|
| 1.《高等数学》(第二版) | 方积乾 主编 |
| 2.《医药数理统计方法》(第二版) | 方积乾 主编 |
| 3.《物理学》(第二版) | 王鸿儒 主编 |
| 4.《物理化学》(第三版) | 鲁纯素 主编 |
| 5.《无机化学》(第二版) | 王 夔 主编 |
| 6.《分析化学》(第三版) | 孙毓庆 主编 |
| 7.《有机化学》(第三版) | 廖清江 主编 |
| 8.《人体解剖生理学》(第三版) | 钱梓文 主编 |
| 9.《微生物学》(第三版) | 王道若 主编 |
| 10.《生物化学》(第三版) | 陈琼华 主编 |
| 11.《物理学》(第三版) | 竺心影 主编 |
| 12.《药物分析》(第三版) | 安登魁 主编 |
| 13.《药用植物学》(第二版) | 沈联德 主编 |
| 14.《生药学》(第二版) | 徐国钧 主编 |
| 15.《药物化学》(第三版) | 李正化 主编 |
| 16.《天然药物学》(第二版) | 姚新生 主编 |
| 17.《药剂学》(第三版) | 奚念朱 主编 |
| 18.《中医学基础》(第三版) | 李向中 主编 |
| 19.《药事管理学》 | 吴 蓬 主编 |

以上教材均由人民卫生出版社出版,新华书店总店科技发行所发行。

全国药学专业教材评审委员会

主任委员: 彭司勋

副主任委员: 郑 虎

委 员: 王 夔 安登魁 胡 晋

奚念朱 楼之岑 龙 昆

秘 书: 翁玲玲

第三版前言

根据卫生部和国家医药管理局1989年4月及12月两次全国药学专业教材编审会议及教材主编会议的精神,决定对本书进行再次修订,编写第三版,并成立了第三版编委会。1990年4月,我们召开了第一次编委会,修订了教学大纲,并进行了分工。在第三版修订中途,林瑞锦编委不幸患病去世。她历任三届编委,为本书的编写付出了心血。在此,我们对她表示深切的悼念。值此困难之际,张镜如教授主动承担了林瑞锦教授遗留的编写部分。对张教授的大力支持,我表示衷心的感谢!

在召开第一次编委会前,我们曾向全国二十余所药学院校(系)发函,广泛征求对第二版的使用意见。反映最多的意见是希望把人体解剖学部分集中在一个章,以便于教学。因此,本版修订过程中有了一个较大的变更,即把人体主要系统的解剖集中在第三章,但眼和耳感觉器官的解剖和生理联系密切,仍合为一章。有关某些器官微细结构的内容仍和有关的生理部分安排在一起。

在编写过程中,我们按照卫生部和药学教材编审委员会的要求,尽力使教材内容具有科学性、系统性、逻辑性和先进性,并努力贯彻“少而精”的原则,精选内容,力图做到由浅入深、从易到难。同时,为了配合药学专业的要求,本书侧重于介绍人体生理学的内容。

在编写过程中主要参考了郑思竞主编的《人体解剖学》(第三版)和周衍椒、张镜如主编的《生理学》(第三版)等教材。此外,许多同志热情地给予我们指导和帮助,对他们表示深切的谢意。本版的插图大部分是采用第二版中的,也有少数为新绘制的。为此对绘制者也在此一并表示感谢。

钱梓文

1992年6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.....	1
四、人体解剖生理学是现代医学的基础.....	2
第二章 细胞和基本组织.....	3
第一节 细胞.....	3
一、细胞的结构及其功能.....	3
二、细胞的增殖.....	11
第二节 基本组织.....	13
一、上皮组织.....	14
二、结缔组织.....	17
三、肌组织.....	19
四、神经组织.....	23
第三章 人体各主要系统的解剖.....	28
第一节 概述.....	28
一、人体的解剖方位.....	28
二、人体的解剖面.....	28
第二节 运动系统和皮肤.....	29
一、骨与骨连结.....	30
二、肌肉.....	36
三、皮肤.....	40
第三节 消化系统.....	43
一、消化管.....	43
二、消化腺.....	48
三、腹膜.....	50
第四节 呼吸系统.....	50
一、呼吸系统的组成及其基本结构.....	51
二、肺.....	53
三、胸膜和胸膜腔.....	55
四、纵隔.....	55
第五节 泌尿系统.....	55
一、肾的解剖.....	55
二、输尿管、膀胱、尿道的构造.....	56
第六节 生殖系统.....	57

一、男性生殖系统.....	57
二、女性生殖系统.....	59
第七节 循环系统.....	62
一、心脏.....	63
二、血管.....	66
三、淋巴系统.....	72
第八节 神经系统.....	74
一、植物性神经系统.....	75
二、脊髓和脊神经.....	78
三、脑和脑神经.....	82
四、躯体的感觉传导通路和投射系统.....	92
五、运动传导通路.....	95
第四章 人体的基本生理功能.....	98
第一节 生命活动的基本特征.....	98
一、新陈代谢.....	98
二、兴奋性.....	98
三、生殖.....	99
第二节 神经和肌肉的一般生理.....	99
一、细胞的生物电现象及其产生机制.....	99
二、兴奋在神经纤维上的传导.....	104
三、神经肌接头处的兴奋传递.....	105
四、骨骼肌的收缩.....	107
第三节 生理功能的调节与整合.....	111
一、神经调节.....	111
二、体液调节.....	112
三、自身调节.....	112
四、反馈概念.....	112
第五章 血液.....	113
第一节 体液与内环境.....	113
一、体液.....	113
二、内环境及其相对稳定.....	113
三、血液在维持内环境相对稳定中的作用.....	114
第二节 血液组成及血浆.....	114
一、血液的组成.....	114
二、血浆的化学成分及其生理功能.....	115
三、血浆的理化特性.....	116
第三节 血细胞的形态和生理功能.....	117
一、红细胞.....	117
二、白细胞.....	119

三、血小板	120
第四节 血细胞的生成与破坏	121
一、造血器官	121
二、红细胞的生成与破坏	122
三、白细胞的生成与破坏	123
四、血小板的形成与破坏	124
第五节 血液凝固和止血	124
一、凝血因子	125
二、血液凝固过程	125
三、体内抗凝血作用	127
四、体外延缓或防止凝血过程	127
五、促进或加速凝血过程	128
第六节 纤维蛋白溶解系统	128
一、纤维蛋白溶解的基本过程	128
二、纤维蛋白溶解与血凝之间的动态平衡	129
第七节 血型和输血	130
一、ABO血型	130
二、Rh血型	131
三、白细胞与血小板血型系统	131
第六章 循环系统生理	133
第一节 心脏生理	133
一、心肌细胞的生物电现象	133
二、心肌的生理特性	137
三、心脏的泵血功能	142
四、体表心电图	148
第二节 血管生理	151
一、血管的种类与结构	151
二、血管中的血压与血流	151
三、微循环	155
四、组织液的形成	157
五、淋巴循环和脾脏	158
第三节 心血管活动的调节	159
一、神经调节	159
二、体液调节	164
第四节 血量的调节	166
第五节 器官循环	167
一、冠状循环	167
二、脑循环	168
第七章 呼吸系统生理	170

第一节 肺的功能解剖	170
一、肺的导管部及其功能特征	170
二、肺的呼吸部	171
三、肺的血液循环	172
四、肺和支气管的神经支配	172
第二节 肺通气	172
一、肺通气的动力	172
二、肺通气的阻力	174
三、肺容量和肺通气量	175
第三节 气体交换和运输	177
一、气体交换	178
二、气体在血液中的运输	179
第四节 呼吸运动的调节	180
一、呼吸中枢与呼吸节律	181
二、呼吸的反射性调节	182
三、咳嗽反射和异常呼吸	183
第八章 消化系统生理	185
第一节 概述	185
一、消化管平滑肌的一般生理特性	185
二、消化腺及其分泌	186
三、胃肠道的神经支配及其作用	186
四、胃肠激素	188
第二节 口腔内消化	188
一、唾液分泌	188
二、咀嚼和吞咽	189
第三节 胃内消化	190
一、胃液的分泌	190
二、胃的运动	192
第四节 小肠内消化	194
一、胰液的分泌	194
二、胆汁的分泌和排出	195
三、小肠液的分泌	196
四、小肠的运动	196
第五节 吸收	198
一、小肠是吸收的主要部位	198
二、小肠对三种营养物质和水份的吸收	198
第六节 大肠的功能	200
一、大肠液的分泌和细菌的活动	200
二、大肠的运动和排便	200

第九章 体温	202
第一节 正常体温及其波动范围	202
一、体温相对稳定的意义	202
二、体温的测量	202
三、体温的生理变异	203
第二节 机体的热平衡	204
一、产热过程	205
二、基础代谢产热	206
三、散热过程	207
第三节 体温调节	208
一、温度感受器	209
二、体温调节中枢	209
三、体温调节的效应器及反馈效应	210
四、大脑皮层的作用与行为性体温调节	210
五、体温异常	210
第十章 泌尿系统生理	212
第一节 肾脏的微细结构与血液供应	212
一、肾的微细结构	212
二、肾的血液循环及其功能特点	214
第二节 尿的生成过程	216
一、肾小球的滤过功能	217
二、肾小管及集合管的转运功能	220
第三节 肾脏的浓缩和稀释功能	227
第四节 肾脏对机体水盐代谢的调节	229
一、肾脏在保持水平衡中的作用	230
二、肾脏在保持体内电解质平衡中的作用	231
第五节 血浆清除率	232
一、血浆清除率的概念及其计算方法	232
二、测定血浆清除率的意义	233
第六节 排尿过程	234
一、膀胱与尿道的神经支配	234
二、排尿过程	235
第十一章 神经系统	236
第一节 神经元活动的一般规律	236
一、神经元和神经纤维	236
二、神经元之间相互作用的方式	236
三、神经递质	238
第二节 反射中枢活动的一般规律	242
一、反射中枢	242

二、中枢神经元的联系方式.....	242
三、中枢兴奋.....	243
四、中枢抑制.....	244
五、反射活动的反馈调节.....	246
第三节 神经系统的感觉功能.....	247
一、丘脑的感觉分析功能.....	247
二、大脑皮层的感觉分析定位.....	249
三、内脏感觉与痛觉.....	250
第四节 神经系统的躯体运动功能.....	251
一、脊髓的躯体运动功能.....	251
二、低位脑干对肌紧张的调节.....	252
三、小脑的躯体运动功能.....	253
四、基底神经节的躯体运动功能.....	254
五、大脑皮层对躯体运动的调节.....	255
第五节 神经系统对内脏活动的调节.....	256
一、交感与副交感神经系统的功能.....	256
二、脊髓对内脏活动的调节.....	258
三、低位脑干对内脏活动的调节.....	259
四、下丘脑对内脏活动的调节.....	259
五、大脑皮层对内脏活动的调节.....	260
第六节 脑的高级功能和脑电图.....	261
一、条件反射.....	261
二、学习与记忆.....	262
三、大脑皮层的电活动.....	264
四、睡眠.....	265
第十二章 特殊感觉器官（眼、耳）的解剖和生理.....	267
第一节 概述.....	267
一、感受器、感觉器官的定义和分类.....	267
二、感受器的一般生理特性.....	267
第二节 视觉器官——眼.....	268
一、眼的解剖结构.....	268
二、视觉生理.....	271
第三节 听、位器官——耳.....	273
一、耳的解剖结构.....	273
二、听觉生理.....	275
三、平衡功能.....	276
第十三章 内分泌生理.....	278
第一节 激素.....	278
一、激素分类.....	278

二、激素功能概述·····	278
三、激素的代谢·····	279
四、激素的作用机制·····	280
第二节 下丘脑的内分泌功能·····	282
一、下丘脑与腺垂体结构和功能的联系·····	282
二、下丘脑与神经垂体结构和功能的联系·····	283
第三节 垂体·····	284
一、垂体的位置、形态与构造·····	284
二、腺垂体分泌的激素·····	284
三、神经垂体释放的激素·····	285
第四节 甲状腺·····	286
一、甲状腺的构造·····	286
二、甲状腺激素·····	287
三、甲状腺激素的生物学作用·····	288
四、甲状腺功能调节·····	288
第五节 胰岛·····	289
一、胰岛的形态与结构·····	289
二、胰岛素的生物学作用及其分泌调节·····	290
三、胰高血糖素的生物学作用及其分泌调节·····	290
第六节 肾上腺·····	291
一、肾上腺皮质·····	291
二、肾上腺髓质·····	293
第七节 甲状旁腺、降钙素和维生素 D ₃ ·····	294
一、甲状旁腺素、降钙素和维生素 D ₃ ·····	294
二、三种激素分泌对钙代谢的调节·····	294
第八节 其他激素·····	295
一、松果体及其激素·····	295
二、胸腺素·····	295
三、前列腺素·····	295
第十四章 生殖内分泌·····	297
第一节 女性生殖·····	297
一、卵巢的生理功能·····	297
二、月经周期·····	299
三、卵巢功能和月经周期中激素分泌的调节·····	299
四、妊娠与分娩·····	301
第二节 男性生殖·····	301
睾丸的生理功能及其活动调节·····	301

第一章 绪 论

一、人体解剖生理学的研究对象和任务

人体解剖生理学是研究人体各部正常形态结构和生命活动规律的科学。它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现象或生理功能的科学。人体生理学是以人体解剖学为基础，但又能促进解剖学的发展。因此，人体解剖学和人体生理学既有分工又密切联系，可以分为二门学科来学习，也可以合并为一门课程。

解剖学又分为大体解剖学、组织学和胚胎学。大体解剖学是借助解剖手术器械切割尸体的方法，用肉眼观察各部的形态和构造的科学。组织学是借助显微镜研究各器官、组织以及细胞的微细结构的科学，目前已发展到用电子显微镜来研究细胞内的超微结构。胚胎学则研究由受精卵发展到成体过程中形态结构发生的科学。人体的结构十分复杂，构成人体的基本单位是细胞，由细胞构成组织，组织再构成器官，器官再构成系统。人体解剖学把人体全部构造分成骨骼、肌肉、循环、呼吸、消化、泌尿生殖、神经、内分泌等系统以及感觉器官。上述解剖内容将在第三章叙述。

人体生理学的任务是阐明正常人体生命现象，就要涉及到血液循环、呼吸、消化、排泄、生殖、神经等系统以及肌肉活动的功能特点，产生的原理、活动规律以及人体内外部环境变化对它们的影响。

人体机能活动规律的理论和假设都只能从实际观察中得到，有的是通过实验来获得，或从实验中检验和发展。因此，生理学既是一门自然科学也是一门实验科学。

二、生理学研究的三个水平

由于机体的功能十分复杂，在研究机体的生理功能时可以从不同的结构出发。由于研究工作和研究方法的不断进展，目前生理学的研究内容大致可分成三个不同水平：①在细胞分子水平研究细胞内各种微小结构的功能及细胞内各种物质分子的特殊化学变化过程称为细胞分子生理学；②在器官系统水平研究各个器官及系统生理活动的规律及其影响因素称为器官生理学；③在整体水平研究完整机体各个系统之间的相互关系以及完整机体与内外环境间的平衡称为整体生理学。上述三个水平的研究，都是为了更深入地掌握完整机体的生理功能。完整机体的生理功能绝不等于局部生理功能在量上的相加。因为细胞、器官及系统功能组合起来会产生质的变化，有其新的生理规律。在应用这些知识时，必须注意不能把不同生理水平的内容任意套用。

三、生理学的实验方法

生理学实验是在人工控制的条件下观察某一生理过程产生的机制及其因果关系。实验往往会给机体带来损害，因此常采用动物实验。从进化论的观点，人和动物特别是哺乳动物有许多基本相似的结构和功能，但是忽视人体特点，把从动物实验所得到的资料，

简单地应用到人体，就可能发生错误。因此，在学习生理学过程中要了解实验的种类、实验的结果及其可能的推论。生理学实验方法归纳起来分为急性实验和慢性实验法，现分述如下：

（一）急性实验法

1. 离体器官或组织实验法 往往从活着的（麻醉或击昏）的动物身上取出要研究的器官或组织，置于近乎生理状态的环境中进行实验和观察。例如为研究某种物质（激素、药物等）对心脏收缩功能的影响，最常用而且最简单的方法就是从蛙身上取出蛙心，用近似它体液的液体（Ringer's溶液）灌流，使蛙心仍继续不断地跳动，然后再观察各种物质的作用。又如可以在离体的神经纤维或肌纤维上研究生物电活动。目前还发展到用细胞分离和培养技术深入研究细胞内亚显微结构的功能与物理、化学等方面的变化，而探讨生命活动的基本规律。

2. 活体解剖实验法 一般在动物失去知觉（麻醉或去大脑）而仍存活的情况下进行实验。先进行手术暴露欲观察的器官或组织，然后再进行实验。例如观察迷走神经对动脉血压的作用时，可以先找出动物的颈（或股）动脉，进行插管，再联以检压计或压力换能装置，并记录之；再找出支配心脏的迷走神经，然后用电刺激迷走神经，观察动脉血压有什么变化。经过这样实验，动物往往不能再存活，故称急性实验法，为生理学实验中较为常用的一种方法，优点是实验条件可以人工控制，要观察的现象往往可以重复验证，对机制可以进行一定的分析。

（二）慢性实验法

~~慢性实验则以完整健康而清醒的机体为对象，在与外界环境尽量保持自然的条件下，对某一项功能进行研究。~~如苏联生理学者巴甫洛夫研究唾液分泌的规律时，预先把狗的一侧腮腺的导管开口移植到面部表面，待创伤愈合之后，即可以从外面的开口准确地收集唾液分泌量。然后，在清醒而比较自然的条件下进行实验，观察在环境变化时，唾液分泌量的增加或减少。他由此而提出了条件反射学说。由于这种动物可以较长期地进行实验，故称为慢性实验法。

由于科学技术的发展，特别是遥控、遥测以及体表无创伤测定等技术的应用，故已有可能对人体或动物进行长期的实验观察，使生理学取得了很大的进展。至于在研究工作中要采取何种动物实验，必须根据研究目的而选择合适的方法。各种方法都有优点，也有局限性，故对实验结果要有恰当和正确的分析。切忌生搬硬套的应用到人体。

四、人体解剖生理学是现代医药学的基础

人体解剖学和人体生理学已是两门独立的学科，他们是现代医、药学的基础。只是为了药学课程的特点，把人体解剖学和人体生理学合成为人体解剖生理学，而且侧重在生理学。他与药理学、生物化学等学科的发展关系密切，彼此还互相促进。药学工作者在寻找新药、研究药物的毒理、药理作用等时，必须具备解剖生理学的知识。

（钱梓文）

第二章 细胞和基本组织

第一节 细 胞

细胞是人体和其它生物体形态和机能的基本单位。人体细胞的大小不一,如卵细胞较大,直径约 $120\mu\text{m}$,而小淋巴细胞的直径只有 $6\mu\text{m}$ 左右。细胞形态也是各种各样,这与其功能以及所处的环境相适应。如血细胞在流动的血液中呈圆形,能收缩的肌细胞呈梭形或长圆柱形,接受刺激并传导冲动的神经细胞有长的突起等。

一、细胞的结构及其功能

关于细胞的内部结构,过去根据光镜观察一直分为细胞膜、细胞质和细胞核三部份。自从应用电镜研究细胞内部结构之后,除了发现位于细胞最外层的细胞膜外,在细胞内部还有多种重要结构,也是由膜性结构形成的,所以又把细胞内部结构分为膜相结构和非膜相结构两大类。现在,对细胞的基本结构有了新的认识,提出了细胞包括“三相结构”(表2-1)。本节按三相结构体系叙述其主要部分。

表2-1 动物细胞的三相结构

膜性体系	微纤维体系	微球体体系
细胞膜(质膜)	微管	核蛋白体
内质网	微丝	染色质
高尔基体	中间纤维	染色体
线粒体	微梁网络	核仁
溶酶体	中心粒	
过氧化物酶体	鞭毛与纤毛	
核膜		

(一) 膜性结构体系

1. 细胞膜 从原始生命物质向细胞进化所获得的重要形态特征之一,是生命物质外面出现一层膜性结构,即细胞膜,又称质膜。细胞膜使细胞内容物和细胞周围的环境分隔开来,从而使细胞能相对独立于环境而存在,但细胞要进行正常的生命活动,又需要通过细胞膜有选择地从周围环境中获得氧气和营养物质,排除代谢产物,即通过细胞膜进行物质交换。另外,细胞环境中的各种因素的改变,如体内产生激素或递质等化学物质,以及进入体内的某些异物或药物等,很多都是首先作用于细胞膜,然后再影响细胞内的生理过程。因此,细胞膜不但是细胞和环境之间的屏障,也是细胞和环境之间进行物质交换、信息传递的门户。

(1) 细胞膜的化学组成和分子结构:用光学显微镜观察细胞,一般难以分辨出细胞膜。用电子显微镜观察发现,细胞膜可分为内、中、外三层结构。内、外两层均为厚约 2.5nm 的电子致密带,中层为厚约 2.5nm 的电子疏松带,总厚度为 7.5nm 左右。这样三

层结构的膜不仅见于各种细胞的表面，亦见于细胞内的各种膜性结构，如内质网膜、高尔基复合体膜、线粒体膜、核膜等（图2-1）。因此，这种三层结构形式的膜被认为是细胞中普遍存在的一种基本结构形式，称为单位膜。有人又将存在于细胞各部份的这种单位膜称作生物膜。

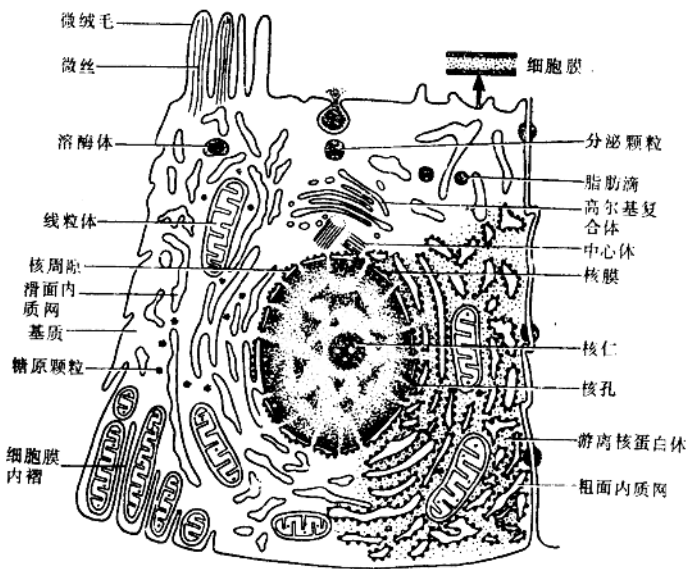


图2-1 细胞超微结构模式图

化学分析表明，细胞的各种膜均主要由脂质、蛋白质和糖类物质组成。虽然在各种膜中这些物质的比例和组成有所不同，但一般都以脂质和蛋白质为主，糖类只占少量。

上述这些物质分子是怎样组装成膜结构的呢？从30年代以来就提出了各种关于膜的分子结构假说，其中得到较多实验事实支持而且迄今被广泛接受和应用的，是1972年由Singer和Nicholson提出的液态镶嵌模型假说。这个假说的基本内容是：生物膜是以液态的脂质双分子层为基架，其中镶嵌着具有不同生理功能的蛋白质（图2-2）。

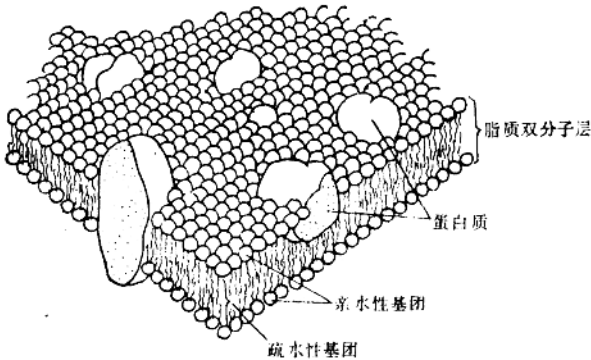


图2-2 单位膜的液态镶嵌式模型

注意膜外侧蛋白质和脂质分子上可能存在的糖链未画出

细胞膜脂质 膜的脂质

分子中，以磷脂为主，其次是胆固醇，还有少量鞘脂类的脂质。所有的膜脂都是一些双嗜性分子。即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。由于疏水性基团受到具有极性的水分子的排斥。于是形成脂质分子的亲水性极性基团朝向膜内、外两侧的水溶液，而它们的疏水基团则朝向膜内部，从而构成脂质双分子层。因此，脂质分子在细胞膜中以双分子层的形式存在的设想，是以脂质分子本身的理化特性为依据的。脂质的熔点较低，在一般体温条件下是液态，脂质分子的这种特性是膜具有一定流动性的一个前提条件。

细胞膜蛋白质 膜蛋白质主要都是镶嵌在脂质双分子层之间的球形蛋白质，称为镶嵌蛋白质。它们的亲水端露在膜表面，疏水端则嵌入脂质双层中与脂质分子的疏水部份连接。有的镶嵌蛋白质贯穿整个脂质双分子层。此外，还有一些不嵌入脂质双层而只附着于脂质双层内表面的蛋白质，称为周围蛋白质。根据细胞膜蛋白质的不同功能，大致可将其归为这几类：①与细胞膜的物质转运功能有关的蛋白质，如后面将提到的载体、通道和离子泵等；②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；③属于酶类的膜蛋白质，如几乎在所有细胞膜内侧面都发现有腺苷酸环化酶；④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。

细胞膜糖类 细胞膜所含的糖类较少，主要是一些寡糖和多糖，它们和膜内的脂质和蛋白质结合，形成糖脂和糖蛋白。糖脂和糖蛋白的糖链部份，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，这就成为细胞特异性的“标志”。例如在人的ABO血型系统中，红细胞膜上是A凝集原还是B凝集原，其差别仅在于膜糖脂的糖链中一个糖基的不同。

由上可知，细胞膜不仅具有一定的流动性的特点，而且还有不对称性的特点，无论从结构还是从功能方面而言，膜的两面都是不对称的。

(2) 细胞膜的物质转运功能：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。进出细胞的物质种类繁多，理化性质各异。因此，它们进出细胞的形式也不同。常见的细胞膜转运物质的方式可归纳为以下几种。

1) 单纯扩散：所谓单纯扩散是指物质分子遵循单纯的物理学原理，从浓度高的区域向浓度低的区域移动的现象。移动量的大小决定于该物质分子的浓度梯度。带电离子的移动不仅取决于该离子的浓度，也取决于离子所受的电场力，但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，其扩散量不仅决定于膜两侧该物质的浓度梯度，也决定于该物质通过膜的难易程度。后者称为膜对该物质的通透性。能够通过细胞膜进行单纯扩散的物质并不多，目前能肯定的只有O₂和CO₂等气体，以及脂溶性小分子物质。

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⁺、Ca²⁺等离子，在一定情况下，也能顺浓度通过细胞膜，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。近年来通过各种研究，一般认为易化扩散至少可分为两种类型：一种是以所谓“载体”为中介的易化扩散，葡萄糖、氨基酸顺浓度通过细胞膜就属于这种类型。“载体”是细胞膜上的镶嵌蛋白质，在这种蛋白质分子上，有与被运输物质结合的特异结合点，当“载体”在膜的一侧与处

特异性
细胞抑制

于高浓度的某一被运输物质结合后,可移向膜的另一侧,然后与被运输物质分离,如此反复进行,但详细过程尚不清楚。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+} 等顺着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”。通道蛋白质最重要的特性,即随着它们构型的变化而导致它们处于不同的功能状态。如在一定条件下通道蛋白内部结构的变化出现了允许某种离子顺浓度梯度移动的孔道时,即通道“开放”,也可称膜对该种离子的通透性增加。反之,当“通道”内部结构无孔道时,则不允许该种离子通过,即通道“关闭”,也可称膜对该种离子的通透性降低或不通透。根据引起通道开关的条件不同,将通道分为两类:①电压依从性通道,这类通道的开关决定于通道蛋白所在的膜两侧的电位差。分布于神经纤维和某些细胞膜上的离子通道即属于此类。②化学依从性通道,这类通道的开关决定于膜所在的环境中存在化学物质(如递质、激素或药物等)的情况。分布于神经元胞体和树突上的突触后膜处的离子通道,以及肌细胞终板膜和某些腺细胞膜上的离子通道则属此类。

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差和顺电位差移动;物质转移所需能量来自溶液浓差所包含的势能,因而当时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。在这个过程中,需要细胞代谢供给能量。因此主动转运过程与细胞代谢密切相关。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。其中最重要而且研究较充分的是 Na^+ 、 K^+ 的主动转运。

很早以前就知道,所有动物和人体细胞内、外的液体含有多种离子,在细胞内、外液中的各种离子浓度是不同的,例如哺乳动物的神经和骨骼肌细胞,正常时细胞内 K^+ 浓度大约为细胞外的30倍,细胞外 Na^+ 浓度大约为细胞内的12倍。这种明显的浓度差是如何形成和维持的?很早就有人推测,各种细胞的细胞膜上普遍存在着一种称为钠钾泵的结构,简称钠泵。它们的作用是:在细胞代谢供能的情况下能够逆浓度差将细胞内的 Na^+ 移出膜外,同时将细胞外的 K^+ 移入膜内,以形成和保持 Na^+ 、 K^+ 在膜两侧的不均衡分布。现已证明,钠泵就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。钠泵转运 Na^+ 、 K^+ 的详细机制尚不完全清楚。但已肯定它的酶活性可被细胞内 Na^+ 的增加和细胞外 K^+ 的增加所激活,并受 Mg^{2+} 浓度的调控,泵出 Na^+ 和泵入 K^+ 两个过程是“耦联”在一起的。因此,钠泵又被称为 Na^+-K^+ 依赖式ATP酶,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。

钠泵广泛存在于各种细胞膜上。据估计,一般细胞大约把它代谢所获能量的20%~30%用于钠泵的转运。钠泵活动最重要的意义在于它建立起一种势能贮备,供细胞的其它耗能过程利用。例如 Na^+ 、 K^+ 在膜两侧的不均匀分布,是神经和肌肉等组织具有兴奋性的基础。

主动转运是人体最重要的物质转运形式,除上述的钠泵以外,还有钙泵、氢泵、负离子泵、碘泵等,有些内容将在以后有关章节介绍。

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方式来实现的。这涉及细胞膜结构和功能发生较大的变化。入胞又称内吞，是指细胞让某些物质团块进入细胞的过程。其过程首先是细胞膜“辨认”细胞外的某物质团块，接着与该物质团块相接触的细胞膜内陷，形成对该物质团块的包围，然后伪足互相接触并发生膜融合和断裂，最后物质团块与包围它的膜一起进入细胞。如物质团块是固体，上述过程叫吞噬；如进入物质是液体，上述过程叫吞饮。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粘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。其分泌过程大致是：细胞内包含分泌物的囊泡向细胞膜移动，然后囊泡膜与细胞膜接触，互相融合，最后在融合处破裂，囊泡内的分泌物被吐出细胞外。一些未能消化的残渣也是以胞吐形式排出细胞（图 2-3）。

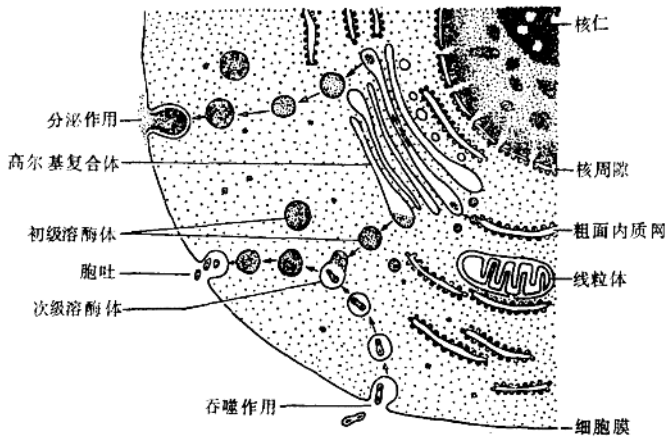


图 2-3 细胞的内吞和胞吐过程

(3) 细胞膜受体：细胞环境中各种因素的变化，是通过细胞膜受体的作用而影响细胞内的生理过程发生相应的变化。细胞膜受体也是镶嵌在膜脂质双分子层中的膜蛋白质。受体蛋白质一般由两个亚单位组成：裸露于细胞膜外表面的部分叫调节亚单位，即一般所说的受体，它能“识别”环境中的特异化学物质（如激素、神经递质、抗原、药物等）并与之结合；裸露于细胞内表面的部份叫催化亚单位，常见的是无活性的腺苷酸环化酶（AC）。一般将能被受体识别的环境中的特异化学物质叫信号或叫配体。配体所作用的细胞又叫那个配体的靶细胞。一般来讲，受体与配体的结合有高度特异性。当某一配体与其靶细胞膜上的特异性受体结合时，调节亚单位构型变化，随即激活膜上的 AC，在 Mg^{2+} 存在的条件下，AC 催化细胞内一系列生物化学反应，进而引起靶细胞生理功能的改变。

也有的膜受体与配体结合后并不继发细胞内一系列生化反应，而是通过改变细胞膜对离子的通透性而产生生理效应。

2. 内质网是分布在细胞质中的膜性管道系统。大小管、泡互相吻合形成网状。内质