高等医药院校专科教材

生理学

主编　裴建明

第四军医大学出版社

高等医药院校临床医学专业大专教材

生　理　学

主　　编　裴建明

主　　审　朱运龙　臧益民

副 主 编　王高峰　王跃民
　　周士胜　张晓东

编　　者

（按姓氏笔画排序）

马　恒　王高峰　王跃民　韦耿泽　刘亚莉
毕　辉　吕顺艳　李耀勤　迟素敏　张晓东
范　谦　周士胜　周　华　周京军　郭海涛
钟延清　韩雪峰　裴建明

第四军医大学出版社

内容提要

生理学是一门重要的医学基础知识课程，也是临床医学专业的必修课。本书对人体的各项正常生理功能和规律有较系统和全面的叙述，包括基本生理、中枢神经系统、感觉、血液、循环、呼吸、消化、排泄、能量代谢、体温及内分泌等生理学内容共十章。书中插图共155幅，表格21个。本书文字力求简练准确，内容重点突出并注意知识的前后呼应。此外，根据生理学的规律适当联系了一些临床实际。本书是供高等医药院校3～4年制专科班使用的生理学教材。

图书在版编目（CIP）数据

生理学/裴建明主编. —西安：第四军医大学出版社，
2002. 2
大专教材
ISBN 7-81086-021-6

Ⅰ. 生… Ⅱ. 裴… 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（2002）第002671号

第四军医大学出版社出版发行
（西安市长乐西路17号 邮政编码：710032）
第四军医大学印刷厂印刷

*

开本：850×1168 1/16 印张：16.625 字数：356千字
2002年2月第1版 2002年2月第1次印刷
印数：1～3000册 定价：26.00元
ISBN 7-81086-021-6/R·3
（购买本社图书，凡有缺、损、倒、脱页者，本社负责调换）

前　言

本书是供高等医药院校3～4年制专科班使用的教科书，编写时主要考虑两个问题：一是满足医药院校专科学生未来学习和工作的需要；二是符合医药专科教学法的要求。根据医药院校专科班的教学大纲和我们多年的教学实践，我们认为，生理学作为一门基础知识和医药院校的基础课，应该对人体的各项功能有较全面的叙述，但根据专业的需要和教学时间，必须恰当处理重点和一般的关系。例如，在讲述兴奋过程时，对兴奋的特征和发生、发展规律有较详细和明确的叙述，而对离子通道的特性和本质则仅做概念性的介绍。在顺序安排方面，我们注意了前后的铺垫和呼应，以求问题理解和逐渐深入，并利于逻辑思维的训练。本书文字力求简练明确，插图利于文字说明。此外，本书内容也尽量以新的观点讲述，并适应生理学的现状和适当联系一些临床实际。为了缩小篇幅，我们略去了历史方面的介绍和其他学科相重复的内容。

由于本书的主要目标是介绍有关人体功能的基本知识和理论，所以它除适用于高等医药院校的专科班外，也可作为其它大专院校人体生理学教材。

本教材已经过十年的应用实践，由于生理学的发展，书中许多知识需要更新，我们在尊重原教材的基础上更新了一部分内容，对本书进行了再版。

我们希望本书能够达到我们的编写意图，并希望读者在使用过程中把意见反馈给我们，以便修改和补充。

最后，对参加本书的编写和提供帮助的同事们表示衷心的感谢。

编者　2001.12.15

目　录

绪言 …… 1

第一章　基本生理过程 …… 1

第一节　细胞膜的物质转运功能 …… 1

第二节　生物电现象和兴奋 …… 4

一、兴奋 …… 4

二、静息电位 …… 4

三、动作电位 …… 6

四、动作电位时相与兴奋性的关系 …… 10

第三节　兴奋的传导和传递 …… 11

一、兴奋在神经纤维上的传导 …… 11

二、兴奋由神经向肌肉的传递 …… 12

第四节　骨骼肌的收缩 …… 14

一、肌纤维的微细结构 …… 14

二、肌肉收缩的原理 …… 17

三、肌肉收缩的形式 …… 18

第二章　中枢神经系统生理 …… 20

第一节　中枢神经系统活动的一般规律 …… 20

一、神经元及其相互间作用的方式 …… 20

二、反射及反射弧 …… 23

三、中枢内神经元的连接方式与中枢活动的特点 …… 24

四、中枢的抑制活动 …… 27

第二节　神经系统对躯体运动的调节 …… 28

一、脊髓的躯体运动反射 …… 29

二、高级中枢对肌紧张的调节 …… 32

三、大脑皮层的运动功能 …… 34

四、基底神经节对运动的调节 …… 38

五、小脑对运动的调节 …… 39

第三节　神经系统的感觉功能与脑的高级功能 …… 41

一、特意投射系统 …… 42

二、非特异投射系统 …… 43

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

三、大脑皮层的电活动 …… 44
四、睡眠 …… 47
五、大脑皮层的语言功能及皮层功能的侧向化 …… 49
六、条件反射 …… 51
第四节 神经系统对内脏功能的调节 …… 52
一、植物性神经 …… 52
二、脊髓及低位脑干对植物性功能的调节 …… 57
三、下丘脑对植物性功能的调节 …… 58
四、大脑边缘系统 …… 60

第三章 感觉生理 …… 62
第一节 视觉 …… 62
一、眼折光系统的功能 …… 62
二、瞳孔对光反射 …… 65
三、眼感光系统的功能 …… 66
四、视觉功能 …… 69
第二节 听觉 …… 71
一、人耳的听阈和听域 …… 71
二、传音系统—外耳和中耳的功能 …… 71
三、感音系统—内耳耳蜗的功能 …… 72
四、听觉功能 …… 75
第三节 前庭感觉 …… 75
第四节 嗅觉和味觉 …… 76
一、嗅觉 …… 76
二、味觉 …… 77
第五节 皮肤感觉、痛觉及内脏感觉 …… 77
一、皮肤感觉 …… 77
二、皮肤痛觉 …… 77
三、内脏感觉 …… 78
四、内脏痛觉 …… 78

第四章 血液生理 …… 80
第一节 血液和血浆 …… 81
一、血液的组成 …… 81
二、血液的一般理化性质 …… 81
三、血液的一般生理功能 …… 82

第二节　血细胞 …… 83
一、红细胞 …… 84
二、白细胞 …… 84
三、血小板 …… 85
第三节　血液凝固和纤维蛋白的溶解 …… 86
一、血液凝固 …… 86
二、血液中的抗凝物质 …… 88
三、纤维蛋白溶解 …… 88
第四节　血型 …… 89
一、红细胞的凝集现象与血型 …… 89
二、ABO（ABH）血型 …… 89
三、ABO 系统的输血关系 …… 90
四、Rh 因子 …… 91

第五章　循环生理 …… 92
第一节　心脏生理 …… 92
一、心肌细胞电位 …… 93
二、心肌的生理特性 …… 95
三、心脏的射血与充血功能 …… 102
四、心电图 …… 109
第二节　血管生理 …… 113
一、血管的结构与功能特点 …… 113
二、血流量、血流阻力和血压 …… 114
三、动脉血压 …… 116
四、静脉血压 …… 119
五、脉搏 …… 120
第三节　心血管活动的调节 …… 122
一、心脏和血管的神经支配 …… 122
二、心血管中枢 …… 123
三、心血管活动的反射性调节 …… 125
四、心血管活动的体液调节 …… 128
第四节　微循环、组织液与淋巴循环 …… 130
一、微循环 …… 130
二、组织液 …… 132
三、淋巴循环 …… 134
第五节　个别器官循环 …… 134

一、冠状循环…… 134
二、肺循环…… 137
三、脑循环…… 138

第六章　呼吸生理…… 140
第一节　肺的通气…… 140
一、肺通气的动力…… 141
二、肺通气的阻力…… 144
三、肺的容量与肺的通气量…… 145
第二节　气体交换…… 147
一、气体交换的动力…… 147
二、气体交换的过程…… 148
三、影响气体交换的因素…… 149
第三节　气体运输…… 150
一、氧的运输…… 150
二、二氧化碳的运输…… 152
第四节　呼吸运动的调节…… 154
一、呼吸中枢和呼吸节律的维持…… 154
二、呼吸运动的反射性调节…… 155
三、血液中化学成分对呼吸运动的调节…… 157

第七章　消化生理…… 160
第一节　概述…… 160
一、消化方式…… 160
二、消化道平滑肌的特点…… 160
三、消化腺分泌的机制…… 162
四、消化道的神经支配…… 162
五、胃肠激素…… 163
第二节　口腔内的消化…… 164
一、咀嚼和吞咽…… 164
二、唾液…… 165
第三节　胃内的消化…… 166
一、胃的运动功能…… 166
二、胃的分泌功能…… 168
第四节　小肠内的消化…… 173
一、小肠的运动功能…… 173

二、小肠内消化液的分泌…… 175
第五节　大肠内的消化…… 179
一、大肠的运动功能…… 179
二、大肠液的分泌及细菌的活动…… 180
第六节　吸收…… 181
一、蛋白质的吸收…… 182
二、脂肪的吸收…… 183
三、糖的吸收…… 184
四、无机盐的吸收…… 185
五、水分的吸收…… 185

第八章　排泄生理…… 186
第一节　肾脏的功能解剖学…… 186
一、肾脏的结构特点…… 186
二、肾血液循环的特征…… 188
第二节　肾小球的滤过功能…… 190
一、滤过膜及其通透性…… 190
二、有效滤过压…… 192
三、影响肾小球滤过的因素…… 193
第三节　肾小管与集合管的转运功能…… 194
一、肾小管与集合管的转运方式…… 194
二、各段肾小管和集合管的转运功能…… 195
第四节　尿液的浓缩和稀释…… 202
一、尿液的稀释…… 202
二、尿液的浓缩…… 202
三、直小血管在保持肾髓质高渗中的作用…… 206
第五节　肾尿生成的调节…… 206
一、肾内自身调节…… 207
二、神经和体液调节…… 208
第六节　尿的排放…… 212
一、膀胱与尿道的神经支配…… 213
二、排尿反射…… 213

第九章　能量代谢和体温生理…… 215
第一节　能量代谢…… 215
一、能量代谢的测定原理和方法…… 215

二、影响能量代谢的因素…… 218
三、基础代谢…… 219
第二节　体温及其调节…… 220
一、体温…… 220
二、体热平衡…… 222
三、体温调节…… 225
四、发热…… 228

第十章　内分泌生理…… 229
第一节　概述…… 229
一、内分泌腺和激素…… 229
二、激素的生理意义和作用机制…… 230
第二节　甲状腺…… 230
一、甲状腺激素…… 231
二、甲状腺激素的作用…… 233
三、甲状腺机能的调节…… 233
四、降钙素…… 234
第三节　甲状旁腺…… 234
第四节　胰岛…… 235
一、胰岛素…… 235
二、胰高血糖素…… 236
三、生长抑素…… 237
四、胰多肽…… 237
第五节　肾上腺皮质…… 237
一、肾上腺皮质激素…… 237
二、肾上腺皮质激素的作用…… 238
三、肾上腺皮质机能的调节…… 240
第六节　肾上腺髓质…… 241
一、肾上腺髓质激素及其生理作用…… 242
二、肾上腺髓质机能的调节…… 243
第七节　下丘脑－垂体系统…… 243
一、下丘脑－神经垂体…… 244
二、下丘脑－腺垂体系统…… 245
第八节　性腺…… 248
一、卵巢（及胎盘）的内分泌机能…… 248
二、睾丸的内分泌机能…… 252

第九节　其他内分泌腺与物质…… 253
一、前列腺素…… 253
二、胸腺…… 254
三、松果腺…… 254

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

绪　言

生理学是研究生物机体生命现象的发生规律和机制的科学。在整体中，每种生命活动都发生一定的作用，实现一定的生理功能（physiological function）。所以，生理学也可以说是研究生理功能的科学。例如心脏跳动这一生命现象，生理学不但要了解它的活动过程，还要知道它在不同条件下的变化规律，以及产生这些活动和变化的原因和机制及其在整体活动中的意义。

可以从不同的水平着手对机体生命现象进行研究。如整体水平、器官水平、细胞水平、亚细胞水平和分子水平等。前两者比较接近整体活动的情况，所以对于一些生命现象的描述较为直接而易于领悟，但其缺点是不够深入；后两者着重于对生命现象和机制的深入探讨，但其缺点是比较脱离整体情况；细胞水平的研究则介于两者之间。事实上，对于任何一种重要生命现象的理解，都是不同水平研究的综合结果。本课程主要是医学生学习的基础医学课，所以主要是从整体、器官、细胞水平进行描述和讨论。

有关人体生理活动的知识可以从观察人体生理现象、临床实践中获得。但生理学主要是一门实验性科学，大部分系统的生理学知识还是从各种生理实验中总结出来的。所谓生理实验，是为了便于分析问题，在人工控制的一定条件下，对某些生理活动施加各种影响因素，以观察它们的变化规律。然后从实验结果的分析、推理中，深入揭露各种生理现象的发生、发展的原因和机制。因此学习生理学应该特别重视对实验的观察。

第一章　基本生理过程

第一节　细胞膜的物质转运功能

所有动物细胞都被一层薄膜所包被，称为细胞膜（图 1-1），它把细胞内容物与细胞外部环境分隔开来，使细胞能相对独立于环境而存在。很明显，细胞膜是细胞与其周围环境进行物质交换的重要界面。所以细胞膜的转运功能是细胞的一项基本功能。

物质的跨细胞膜转运可通过以下几种常见机制完成：

（一）单纯扩散

不论是溶剂或溶质分子，溶液中的任何物质，都在进行着不规则的热运动，溶质分子的净运动方向是从高浓度区向低浓度区。溶质分子的这种不断的定向运动，称为扩散（diffusion）。扩散的动力是浓度差或浓度梯度。由于扩散运动是沿着顺浓度梯度

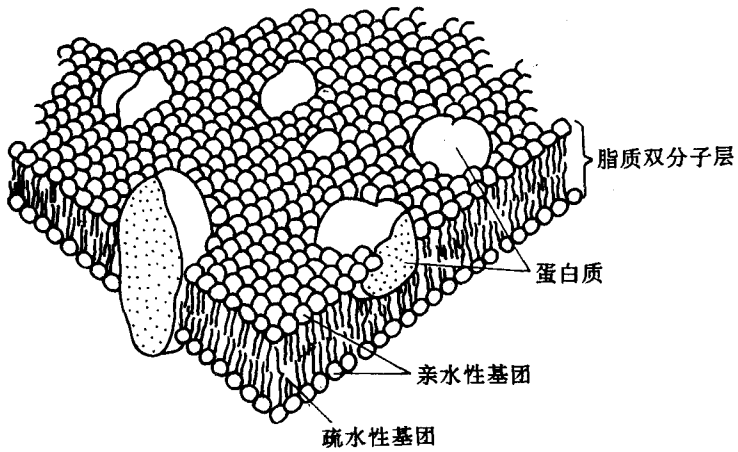

图 1-1　细胞膜结构模式图

的方向进行，因而是不耗能的。扩散运动可一直进行到浓度梯度不复存在时才停止。细胞膜主要是由脂质分子构成的，细胞外液和细胞内液中的各种溶质分子，只要是脂溶性的，就可能按扩散原理作跨膜运动或转运，称为单纯扩散（simple diffusion）。因此在通过细胞膜时，物质分子能否跨膜扩散还要决定于细胞膜对该物质分子的通透特性，即所谓的通透性（permeability）。

（二）渗透

当细胞膜两侧溶液浓度不同时，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，这叫做渗透（osmosis），这是水通过膜的重要方式。

（三）易化扩散

人体内的有些物质，如葡萄糖、Na^+、K^+等，很难溶于脂质，但在细胞膜蛋白质的帮助下，可由高浓度一侧通过膜扩散至低浓度一侧，称之为易化扩散（facilitated diffusion）。易化扩散的特点是：物质移动的动力同单纯扩散一样，来自自身的热运动，两者都属于物质的被动转运。但与单纯扩散不同的是，易化扩散需要依靠细胞膜上一些具有特殊结构的蛋白质分子的协助。易化扩散至少有两种机制。一是以膜内的称之为载体（carrier）的蛋白质为中介的。红细胞膜对葡萄糖分子的转运是这种易化扩散的典型例子（图 1-2）。图中 O_2 为简单的扩散，葡萄糖分子（Gl）为依赖膜内载体（C）为中介的扩散。Gl 在膜的一侧和 C 结合，形成一复合物。此复合物移动至膜的另一侧，如果此侧的环境为 Gl 浓度较低，则 Gl 从

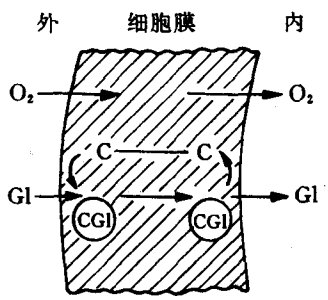

图 1-2　物质通过细胞膜的两种扩散方式
解释见正文。C：载体，Gl：葡萄糖
CGl：葡萄糖-载体复合物

复合物离解，C 又返回可被再利用。这一过程只能顺着某一物质的浓度梯度进行。

易化扩散还有一种方式是通过膜中的特殊“通道”(channel)完成的。象 Na^+、K^+、Ca^{2+}等离子通过神经或肌细胞膜的扩散便属于这一机制。这些通道是由一些特殊的蛋白质构成的，称之为离子通道蛋白（ionophore）或离子通道。由于蛋白质分子构型的易变性，当膜受到某些化学基团或电场力的作用时，通道蛋白的构型可发生改变，或允许某种离子通过（称之为通道开放）或阻止离子的通过（通道关闭）。

（四）主动转运

细胞通过本身的某种耗能过程，将某种物质分子或离子由膜的低浓度一侧移向高浓度一侧的过程，称为主动转运。与被动转运不同的是，主动转运需要消耗能量，把物质分子或离子逆浓度或电—化学梯度转移。

1. 钠“泵”　在细胞膜的主动转运中，最重要而且研究比较充分的是关于钠、钾离子的主动转运。很早就知道，包括人体各种细胞在内的动物细胞，其细胞内液和细胞外液中的钠、钾离子浓度有很大的不同。以肌细胞为例，正常时膜内 K^+浓度为膜外的 35 倍，膜外 Na^+浓度约为膜内 12 倍。进一步观察表明，这种明显的浓度差的形成和维持，要靠细胞正常的新陈代谢。在低温、缺氧情况下，或在用一些代谢抑制剂后，可使细胞膜内、外正常 Na^+、K^+浓度差减少，在细胞代谢恢复正常后，上述浓度差又可恢复。因此，很早就有人提出，各种细胞的细胞膜上普遍存在着一种“钠—钾泵”的结构，简称“钠泵”(sodium pump)。它的作用就是能够逆着浓度差主动地把细胞内液中的 Na^+移出膜外，而将细胞外液的 K^+移入膜内，因而形成和保持了这些离子在膜两侧的浓度差。我们在以后将会看到，这种浓度差的维持，对于保持细胞的正常兴奋性是必不可少的。钠泵是膜内的一种特殊蛋白质。它除能和 Na^+或 K^+作特异的结合外，它本身还具有 ATP 酶活性。它的活动需要 Mg^{2+}的参与，它可被细胞外侧的 K^+和细胞内侧的 Na^+激活，因此称之为 Na^+-K^+激活的 ATP 酶（Na^+-K^+ activated ATP ase）或 Na^+-K^+依赖性 ATP 酶（Na^+-K^+—dependant ATPase）。钠泵从 ATP 的分解中得到能量，把膜内 Na^+转运到膜外，把膜外 K^+转运到膜内。

2. 其它离子泵　除 Na^+泵外，目前已知还有钙泵，负离子泵、碘泵等。这些离子泵都利用 ATP 分解释放的能量对有关离子进行主动转运。

（五）入胞作用和出胞作用

细胞对于大分子物质或物质团块，还可以通过入胞和出胞作用加以转运。

1. 入胞作用　首先是细胞附近的某些物质（可能是入侵体内的细菌或其它异物）被细胞膜“辨认”，然后细胞膜的形态和功能发生某种变化，和异物接触处的膜内陷，异物陷入此凹陷中，然后发生膜的融合和断裂，于是异物连同包围着它的那一部分已分离的细胞膜进入细胞内。如果被卷入细胞内的是液体，则称之为胞饮作用。如果被吞入的是固体物质，则称为吞噬作用（phagocytosis）。

2. 出胞作用　这是指细胞把其内容物倾泄出细胞外的过程，亦称胞吐作用。腺细胞分泌某些酶以及神经末梢在神经冲动到达时把突触前末梢的囊泡内容物排出，便属

于这种作用。

第二节　生物电现象和兴奋

一、兴　　奋

所谓兴奋（excitation）通常是指活组织在刺激作用下发生的一种可以传播的、伴有特殊电现象并能引起某种效应的反应过程。组织能够产生兴奋的能力称为兴奋性(excitability)。在动物机体，神经和肌肉是典型的具有兴奋性的组织。

当兴奋在神经上发生后，可沿神经传导，传导至与它有突触联系的另一细胞时，将影响后一细胞的活动。或增强它的活动，使它也发生兴奋；或相反，减弱它的活动，使之发生抑制（inhibition)。肌肉发生兴奋后，兴奋同样可沿肌细胞传导，并引起肌肉收缩。

膜的特征性的电变化是兴奋的特征，这一电变化叫做动作电位(action potential)。组织在受刺激时所发生的其它反应，如肌肉的收缩和腺体的分泌，都是由动作电位触发或引起的。所以研究兴奋就需要研究活组织的电现象，即生物电现象。

二、静 息 电 位

（一）静息电位及其测量

当神经和肌肉（或其它组织）细胞在静止情况下，细胞膜内侧的电位较膜外侧为负。细胞未受刺激时存在于膜内外两侧的这一电位差叫做静息电位（resting potential)，有时也称为膜电位(membrane potential)。此时膜是处于极化状态(polarization)，意思是指膜的两侧分布着极性不同的电荷。为了证实和测量膜电位，需要有测量电极插入细胞内，并保证细胞不受损伤或刺激。Hodgkin 和 Huxley 最早完成了这项工作，他们在 1939 年制成了直径约 100μm 的微电极，选择了枪乌贼和乌贼的巨大神经纤维作为测量对象。这种纤维直径很粗，可达 500～1000 μm，将直径不到 100 μm 的微电极顺轴插入巨轴突内部，可以认为对神经无损伤。另一参照电极放在神经外部的溶液中，把两个引导电极连到合适的放大器及阴极射线示波器，就可测量膜内外所存在的电位差（图 1-3)。

如图 1-3 所示，当两个导电电极都在神经外溶液中时，记录不出电位差（图中之 0 线)。当微电极插入神经纤维内部（图 1-2 下图箭头所指处)，微电极端的电位便立刻下降至一定数值。当微电极留在神经内时，一直可以记录出这种电位差，这个电位即是静息电位。

现在可以制成尖端更细的微电极，人们可以穿刺单个肌细胞或脊髓前角细胞而不致引起很大损伤。所测得的乌贼的巨大神经的静息电位为 62 mV，蛙缝匠肌细胞的为

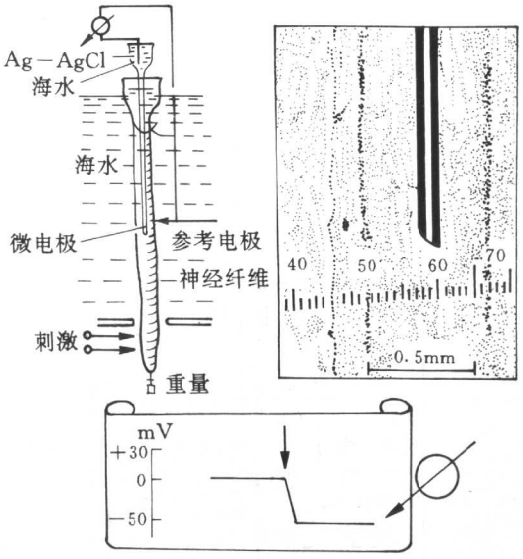

图 1-3　枪乌贼巨神经纤维膜电位的测量

80 mV，鼠横纹肌的为 99.4 mV，等等，均属外正内负。通常都在数值前贯一负号，表示细胞内较细胞外为负。

（二）静息电位的发生机制

通过大量的实验研究，认为静息电位的产生，主要是由于细胞膜对不同离子的通透性不同，而细胞膜内液和外液中离子的分布又极不均匀所致。

1. 神经或细胞内、外离子的分布情况和细胞膜对各种离子的通透性 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 1-1。

表 1-1　Na^+、K^+、Cl^- 在神经、肌肉细胞内外的分布

几种可兴奋组织	细胞内浓度（mmol/L）			细胞外浓度（mmol/L）			内/外比值		
	Na^+	K^+	Cl^-	Na^+	K^+	Cl^-	Na^+	K^+	Cl^-
枪乌贼的神经纤维	49	410	40	440	22	560	0.11	19	0.071
乌贼的神经纤维	43	360	—	450	17	540	0.10	21	—
蛙的神经	37	110	—	110	2.6	77	0.34	42	—
蛙的肌肉	15	125	12	110	2.6	77	0.14	48	0.016
狗的肌肉	12	140	—	150	4	120	0.08	35	—

由表 1-1 可见，在正离子方面，细胞内的 K^+ 浓度高，细胞外的 Na^+ 浓度高；在负离子方面，细胞外的 Cl^- 浓度高，细胞内的负离子主要是大分子的有机离子，如氨基酸和蛋白质。

细胞膜对于这些离子是选择性通透的。在静息情况下，细胞膜对蛋白质和其它有

机负离子（通常以 A^- 表示）基本上是不通透的，而对 K^+ 的通透性很大，K^+ 可以相当容易地通过，对 Cl^- 的通透性也大，但对 Na^+ 的通透性很小，仅为 K^+ 通透性的 1/50～1/100。

2. 钾离子在建立静息电位中的作用　理论上的推断以及实验结果均表明：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。这样，膜外侧有了更多的正电荷，因此带正电，膜内侧相对就带负电（图 1-4）。

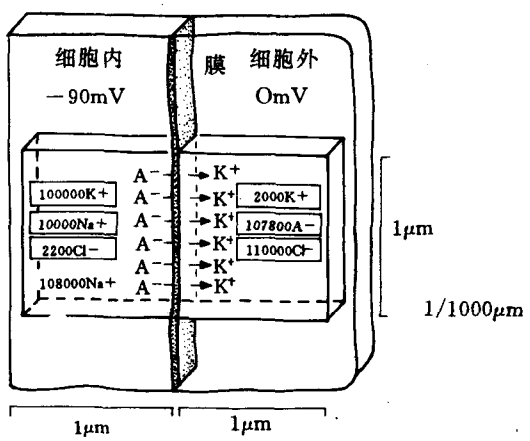

图 1-4　静息电位时的膜电荷

1 μm×1/1 000 μm 的膜面积上负载 K^+ 和 A^- 各 6 个，与之相对的是在膜的两侧相邻的容积各为 1 μm×1 μm×1/1 000 μm 的两个空间中的离子数。途中箭头表示 K^+ 从细胞内通过膜扩散出来。

已知所有正常生物细胞内的 K^+ 浓度超过细胞外 K^+ 浓度很多。在此情况下，细胞内、外的 K^+ 浓度梯度驱使 K^+ 向外扩散，而另一方面，扩散出细胞外的 K^+ 建立起膜外侧的正电位，此正电位要排斥 K^+ 的外流，驱使 K^+ 内流。如前一力量大于后者，则 K^+ 继续外流，直至所建立的膜电位达到能阻止有净剩的 K^+ 外流为止。此时膜电位便维持在一稳定的数值上，此即所测得的膜电位。由于此时是 K^+ 的扩散平衡状态，所以静息电位可以说是 K^+ 的平衡电位。

通过对各种神经和肌肉细胞所测得的静息电位均很接近按细胞内液和外液 K^+ 浓度的差异所计算的 K^+ 的平衡电位，证明这一理论是正确的。

三、动作电位

动作电位是指神经或肌肉兴奋时发生的可传播的电变化。

（一）动作电位发生的过程—去极化和复极化

采用细胞内电极记录的方法，可以观察到神经或肌纤维兴奋时，细胞膜电位变化的过程。仍按图 1-3 的装置，记录神经纤维的膜电位。当神经的一端给予一次刺激，就

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com