

军医专业五年制试用教材

生理学

生理教研室編

中国人民解放军第一军医大学

中國七十年來學術發展概況

生 理 學

沈德甫 著



中國人民大學出版部第一版圖書

目 录

緒 言

- 一、生理学的定义、研究对象和任务..... 1
- 二、生理学的研究方法..... 1

- (一) 急性实验..... 1
- (二) 慢性实验..... 2
- 三、生理学的特点和学习方法..... 2

第一章 基 本 生 理 过 程

第一节 膜及其通透性..... 3

- 一、细胞膜的化学组成和形态结构... 3
 - (一) 单位膜的概念..... 3
 - (二) 单位膜的化学组成..... 3
 - (三) 单位膜的结构..... 4
- 二、膜的结构及其与转运机能的关系..... 4
 - (一) 单纯扩散..... 5
 - (二) 易化扩散..... 6
 - (三) 水通过细胞膜的净扩散——渗透..... 7
 - (四) 主动转运..... 7
 - (五) 胞饮与胞泄——大分子物质通过细胞膜的形式..... 8

第二节 生物电现象和兴奋..... 9

- 一、膜电位..... 9
 - (一) 膜电位及其发现..... 9
 - (二) 膜电位的测量..... 9
 - (三) 膜电位的离子学说..... 10
- 二、动作电位..... 12
 - (一) 动作电位的波形..... 12
 - (二) Na^+ 在动作电位形成中的作用及其主要证据..... 13
 - (三) 动作电位的发生——阈电

位的概念..... 13

- 三、动作电位的时相与兴奋性的关系..... 14
 - (一) 动作电位的时相..... 14
 - (二) 锋电位和后电位的特点..... 14
 - (三) 组织受刺激后兴奋性的变化及其与动作电位各时相的关系..... 16

第三节 神经冲动的传导..... 16

- 一、冲动的传导..... 16
 - (一) 传导的机理..... 16
 - (二) 神经传导的特征..... 17
 - (三) 神经传导的速度..... 17
 - (四) 神经纤维的分类及各类纤维的机能特点..... 18

二、突触传递..... 20

- (一) 突触的结构和种类..... 20
- (二) 突触传递的机理..... 21
- (三) 突触传递的特点..... 23
- (四) 兴奋由神经向肌肉的传递..... 23

第四节 肌肉的收缩过程..... 25

- 一、肌肉收缩的形式..... 25
 - (一) 等张收缩与等长收缩..... 25
 - (二) 单收缩..... 25

(三) 强直收缩·····	26
二、肌肉收缩的原理·····	27
(一) 肌细胞的超微结构·····	27
(二) 肌肉的收缩蛋白质·····	28

(三) 肌肉收缩的肌丝滑动学说·····	29
(四) 兴奋—收缩偶联以及 Ca^{++} 的作用·····	30
三、肌肉收缩的能量来源·····	31

第二章 中枢神经系统生理

第一节 反射·····33

一、神经系统的基本机能·····	33
二、反射·····	33
(一) 反射的定义·····	33
(二) 反射弧的组成及功能·····	34
(三) 神经元间的联系方式·····	35
(四) 反射中枢活动的一般规律·····	36

第二节 神经系统对躯体运动的调节·····42

一、脊髓的躯体运动反射·····	42
(一) 屈肌反射与对侧伸肌反射·····	42
(二) 牵张反射·····	43
(三) 脊髓休克·····	45
二、脑干网状结构对肌紧张的调节·····	46
(一) 网状结构的抑制区与易化区·····	46
(二) 高级中枢对网状结构抑制区及易化区的影响·····	47
(三) 去大脑僵直及其产生机理·····	48
三、大脑皮层对躯体运动的调节·····	49
(一) 大脑皮层的结构特点与分区·····	49
(二) 锥体系统对躯体运动的调节·····	49
(三) 锥体外系统对躯体运动的调节·····	51
四、基底神经节对躯体运动的调节·····	54
(一) 基底神经节的结构和联系·····	54
(二) 纹状体的主要机能·····	54
五、小脑对躯体运动的调节·····	56

(一) 小脑的区分及神经联系·····	56
---------------------	----

(二) 小脑对运动机能的调节·····	56
---------------------	----

第三节 神经系统对内脏机能的调节·····59

一、植物神经·····	59
(一) 植物神经的结构特点·····	59
(二) 植物神经的主要生理作用·····	61
(三) 植物神经末梢的递质·····	63
二、植物性机能的中枢调节·····	69
(一) 脊髓对内脏活动的调节·····	69
(二) 低位脑干对内脏活动的调节·····	69
(三) 下丘脑对内脏活动的调节·····	70
(四) 大脑边缘系统·····	73

第四节 神经系统的感觉机能·····76

一、感觉器官的一般生理·····	76
(一) 感受器和感觉器官·····	76
(二) 感受器的生理特点·····	77
二、脊髓感觉传导的特征·····	79
三、丘脑及其投射系统·····	80
(一) 丘脑的核群·····	80
(二) 丘脑的投射系统·····	83
四、大脑皮层的感觉机能·····	83
(一) 体表感觉代表区·····	83
(二) 本体感觉代表区·····	84
(三) 内脏感觉代表区·····	84
(四) 视觉代表区·····	84
(五) 听觉代表区·····	85
(六) 嗅觉和味觉代表区·····	85
五、感觉的两类投射系统·····	86
(一) 特异投射系统及其作用·····	86

(二) 非特异投射系统及其作用	86	(二) 人的优势半球现象	93
(三) 两类投射系统在感觉形成中的相互关系	88	三、大脑皮层的电活动	93
六、中枢神经系统对感觉机能的传出控制	88	(一) 脑电图与皮层电图	93
第五节 神经系统的高级机能及脑电图	89	(二) 脑电图正常的波形	94
一、条件反射	89	(三) 脑电的产生原理	95
(一) 条件反射的形成	89	(四) 皮层诱发电位	96
(二) 条件反射与非条件反射的区别	91	四、睡眠	97
(三) 条件反射的生理意义	91	(一) 睡眠时的生理变化	98
二、大脑皮层的语言机能	92	(二) 睡眠的时相	99
(一) 大脑皮层的语言代表区	92	(三) 睡眠的机理	99
		五、学习与记忆	101
		(一) 人类学习与记忆的过程	101
		(二) 记忆障碍	102
		(三) 学习和记忆的原理	103

第三章 感 觉 器 官

第一节 视觉	104	(二) 色觉学说	123
一、眼球的结构概述	104	(三) 色觉异常	123
二、眼的折光机能	106	五、双眼视觉	124
(一) 光的折射和成像	106	六、视神经冲动的传入途径及其皮层的投射区	125
(二) 眼的折光系统和成像	107	第二节 听觉	126
(三) 眼的折光调节功能	109	一、耳的集音和传音功能	127
(四) 眼的折光缺陷	113	(一) 耳廓、外耳道和鼓膜的功能	127
三、眼的感光机能	115	(二) 中耳的传音功能	128
(一) 视网膜各层细胞的分布与联系	115	二、耳的感音功能	129
(二) 视网膜的光感受器及视觉的二元学说	116	(一) 内耳的结构	129
(三) 视觉感光细胞的光化学	117	(二) 听冲动的产生	131
(四) 视力与视野	118	(三) 内耳对声音的初步分析功能	133
(五) 后作用与融合现象	120	(四) 听冲动的传入途径及其在大脑皮层的投射区	134
(六) 暗适应	120	(五) 正常的听觉及音响	135
(七) 视网膜电现象	122	三、听觉的适应和疲劳	136
四、颜色视觉	122		
(一) 色光谱的物理特点	123		

四、音源的方位判定	137
第三节 前庭功能	137
一、椭圆囊及球囊的结构与功能	137
(一) 椭圆囊及球囊的结构	137
(二) 椭圆囊囊斑的功能	139
二、三半规管的结构与功能	140
(一) 三半规管的结构	140
(二) 三半规管的功能	140
第四节 其它感觉	142
一、嗅觉和味觉	142

(一) 嗅觉	142
(二) 味觉	143
二、触觉和压觉	144
三、温度觉	145
第五节 痛感	147
一、痛觉的分类及其传导通路	147
二、痛觉感受器及适宜刺激	150
三、痛觉的学说	151
四、针刺镇痛作用及其原理的探讨	153

第四章 血液生理

第一节 概述	155
一、体液和内环境的概念	155
二、血液的一般生理功能	156
(一) 运输机能	156
(二) 保持酸碱度相对恒定	156
(三) 调节体温的机能	156
(四) 防御和保护机能	156
第二节 血液的组成和一般理化性质	157
一、血液的组成和血细胞比容	157
二、血液的一般理化性质	157
第三节 血液的有形成分	158
一、白细胞	158
(一) 血细胞的数量和分类	158
(二) 白细胞的生理功能	159

(三) 白细胞数量的调节	159
二、红细胞	160
(一) 红细胞的数量和功能	160
(二) 红细胞的生理特性	160
(三) 红细胞生成的调节	161
三、血小板	162
第四节 血量和血型	162
一、血量	162
(一) 血量的测定方法	162
(二) 人体正常血量及其变动	162
二、血型	163
(一) 红细胞的凝集现象	163
(二) A B O 血型	163
(三) A B O 血型的遗传	164
(四) Rh 因子及其临床意义	166

第五章 循环生理

第一节 心脏生理	167
一、心肌细胞及其生理特性	168
(一) 心肌细胞的结构特点	168
(二) 心肌的生理特性	168
二、心肌细胞的电生理学	169

(一) 一般心肌细胞的膜电位和动作电位	169
(二) 起搏细胞的电位特点	173
(三) 快反应和慢反应电位	175
(四) 离子 (K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{++}) 对	

心脏机能的影响	176	二、动脉血压	206
三、心脏的传导系统	177	(一) 动脉血压的正常数值与变 异范围	206
(一) 窦房结	177	(二) 形成动脉血压的因素	208
(二) 结间和房室传导径路	178	三、静脉血压	210
(三) 房室结	178	(一) 静脉血压的测定方法	210
(四) 房室束和束枝	179	(二) 重力对于静脉压的影响	211
(五) 普顷野纤维	180	(三) 静脉压测定的临床意义	211
(六) 心脏内兴奋的传播以及影 响心肌细胞传导速度的因 素	180	第三节 脉搏与血流速度	211
四、心脏的射血过程	182	一、脉搏	211
(一) 心动周期的定义及分期	182	(一) 动脉搏	211
(二) 心动周期中射血过程的 分析	183	(二) 静脉搏	213
(三) 心音	187	(三) 毛细血管(小动脉)搏动	214
五、心输出量	189	二、血流速度与循环时间	214
(一) 心输出量的概念	189	(一) 血流速度	214
(二) 心输出量的测定原理	190	(二) 循环时间	215
(三) 心输出量的正常数值及其 变异	191	第四节 心血管活动的调节	215
(四) 影响心输出量的因素	192	一、心血管的神经支配	216
六、心电图	196	(一) 心脏的神经支配	216
(一) 心电图描记原理和方法	197	(二) 血管的神经支配	217
(二) 正常心电图的基本波形	198	二、心血管的调节中枢	218
(三) 心电图各波发生的原理	199	(一) 延髓的心血管中枢	218
(四) 心电图各波、间期和段的 命名和意义	202	(二) 其他影响心血管活动的中 枢部位	219
(五) 心电图在临床上的应用	203	三、心血管活动的反射性调节	219
第二节 血压	204	(一) 颈动脉窦和主动脉弓的压力 (牵张)感受器反射	219
一、概述	204	(二) 颈动脉体及主动脉体的化 学感受器反射	221
(一) 血管的分类及其与机能的 关系	204	(三) 朋氏反射	221
(二) 血压的定义及生理意义	204	(四) 其他感受野的传入冲动对 血压的影响	221
(三) 血管系统各段的血压、 阻力、流速和血管总横断 面积的关系	205	四、体液调节	222
		(一) 肾上腺素及去甲肾上腺 素	222
		(二) 肾素——血管紧张素	222

(三) 抗利尿激素	223
(四) 激肽、组织胺和前列腺素等	223
第五节 微循环、組織液与淋巴循环	224
一、微循环	224
(一) 微循环的组成和血流通路	224
(二) 微循环的功能特点	226
(三) 微循环的调节	227
二、组织液	228
(一) 组织液	228
(二) 组织液的生成和回流机理	
一有效滤过压	229
三、淋巴循环	229
(一) 淋巴的生成	22
(二) 淋巴循环	230

第六节 个别器官循环	230
一、冠状循环	230
(一) 冠状血管的解剖特点和我国人冠状血管分布特点	230
(二) 心肌的代谢与血液供应特点	231
(三) 心动周期中冠脉血流量的变化及其决定因素	232
(四) 冠状循环的调节	233
二、肺循环	234
(一) 肺循环的特点	234
(二) 影响肺循环的因素	234
三、脑循环	235
(一) 脑的代谢与血液供应特点	235
(二) 影响脑血流量的因素	235
(三) 血脑屏障	235

第六章 呼吸生理

第一节 肺的通气	237
一、呼吸系统的结构特点	237
(一) 呼吸道	238
(二) 肺泡	238
二、肺通气的动力	240
(一) 平和呼吸和加强呼吸的机械运动	240
(二) 胸膜腔内压和肺内压	241
(三) 人工呼吸原理	243
三、肺通气的阻力	243
(一) 弹性阻力	244
(二) 非弹性阻力	245
四、肺的通气量	246
(一) 肺容量	246
(二) 肺通气量	247
第二节 气体交换	249
一、气体交换的原理	249

(一) 气体的分压与张力的概念	249
(二) 气体分压差在气体交换中的意义	249
二、肺和组织内的气体交换	251
(一) 肺内气体交换	251
(二) 组织内的气体交换	251
三、影响气体交换的因素	252
(一) 肺泡通气量	252
(二) 肺循环血量	252
(三) 肺泡膜的通透性和总面积	252
(四) 通气/血流比值	252
第三节 气体运输	253
一、氧的运输	254
(一) 血红蛋白和氧的可逆性结合	254

(二) 氧离曲线	255	中的作用	261
二、二氧化碳的运输	256	(三) 肺牵张反射	262
(一) 碳酸氢根形式的运输	256	二、血液中化学成分对呼吸运动的	
(二) 氨基甲酸血红蛋白形式的		影响	263
运输	258	(一) 二氧化碳对呼吸的影响	264
(三) 氧分压对二氧化碳分压		(二) 缺氧对呼吸的影响	265
的影响	258	(三) 氢离子浓度对呼吸的	
第四节 呼吸运动的调节	258	影响	266
一、呼吸节律的维持	258	三、其它内、外感受性反射及防御	
(一) 延髓的呼吸中枢及其节律		反射对呼吸的影响	266
性的活动	260	四、大脑皮层对呼吸的调节	267
(二) 长吸中枢和呼吸调整中枢		五、低气压对呼吸的影响	267
及其在维持节律性呼吸			

第七章 消 化 生 理

第一节 概述	270	(二) 唾液分泌的调节	276
一、消化、吸收的概念及意义	270	第三节 胃内的消化	276
(一) 消化、吸收概念	270	一、机械性消化——胃的运动	277
(二) 消化过程	270	(一) 胃运动的主要形式及其	
(三) 祖国医学对消化功能的		意义	277
认识	270	(二) 胃运动的调节	278
二、消化道的神经支配	271	(三) 胃的排空	280
(一) 外来神经	271	(四) 呕吐	281
(二) 内在神经丛	272	二、化学性消化——胃液的分泌	282
三、消化道平滑肌的特性	273	(一) 胃液的性质、成分及作用	282
(一) 消化道平滑肌的一般		(二) 胃液分泌的调节	284
特性	273	三、胃粘膜屏障	289
(二) 消化道平滑肌的电生理		第四节 小肠内消化	289
特性	273	一、机械性消化——小肠的运动	290
第二节 口腔内消化	274	(一) 小肠运动的主要形式及	
一、机械性消化——咀嚼与吞咽	274	作用	290
(一) 咀嚼运动及其意义	274	(二) 小肠运动的调节	291
(二) 吞咽及其过程	274	二、化学性消化——小肠内消化液	
二、化学性消化——唾液的分泌	276	的分泌	292
(一) 唾液的主要成分及作用	276	(一) 胰液的分泌	292

(二) 胆汁的分泌与排出	294
(三) 小肠液的分泌	296
第五节 大肠内的消化	298
一、大肠的运动与排便	298
(一) 大肠运动的主要形式与 作用	298
(二) 排便	298
(三) 食物残渣通过消化道的 时间	298
二、大肠液的分泌和大肠内的细菌 活动	299

(一) 大肠液的分泌	299
(二) 大肠内细菌的活动	299
第六节 吸收	299
一、消化道的吸收概况	299
二、各种主要营养物质的吸收形式 和途径	300
(一) 水和无机盐的吸收	300
(二) 糖的吸收	301
(三) 蛋白质的吸收	301
(四) 脂肪的吸收	301

第八章 排 泄 生 理

概述	303
第一节 尿的生成	303
一、肾脏结构的特点	303
(一) 肾单位	303
(二) 皮质肾单位与近髓肾 单位	305
(三) 肾小球旁器	306
(四) 肾血液循环的特点	306
二、尿的生成过程	307
(一) 肾小球的滤过作用	307
(二) 肾小管和集合管的重吸收 作用	312
(三) 肾小管和集合管的分泌与 排泄作用	314
(四) 影响肾小管和集合管重吸 收作用的因素	314
(五) 尿浓缩和稀释机理(逆流 倍增学说)	315
第二节 肾脏机能的生理意义	317
一、调节体内水和渗透压的相对 平衡	317
二、调节电解质平衡	318

(一) 肾在钠、钾平衡中的作用	319
(二) 肾在钙磷平衡中的作用	319
三、调节酸碱平衡	319
(一) 肾小管“泌 H^+ 保 Na^+ ”作 用(H^+-Na^+ 交换)	319
(二) 肾小管“排 NH_4^+ 换 Na^+ ”作用	320
(三) 肾小管“泌 K^+ 换 Na^+ ” (K^+-Na^+ 交换)	321
第三节 肾脏的内分泌功能	321
一、肾素	321
二、1,25—二羟钙化醇	322
三、肾性促红细胞生成因子	323
第四节 血浆清除率	324
一、清除率的概念和测定原理	324
二、肾小球滤过率测量	325
三、肾血流量的测量	326
第五节 排尿	326
一、膀胱与尿道的神经支配	326
二、膀胱内压与排尿的关系	327
三、排尿反射	328

第九章 能量代謝和体温調節

第一节 能量代謝330

一、人体能量代謝的測定原理330

(一) 直接測定法原理330

(二) 間接測定法——气体代謝法331

二、影响能量代謝的基本因素334

三、能量代謝的調節335

(一) 內分泌对能量代謝的調節335

(二) 神经系统对能量代謝的調節335

四、基础代謝336

(一) 基础代謝和基础代謝率336

(二) 基础代謝的測定原理和意义336

(三) 基础代謝与体表面积的关系336

(四) 基础代謝的正常值及其生理变异337

第二节 体温調節337

一、人体正常体温及其生理变异338

(一) 正常体温338

(二) 体温的生理性变异339

二、产热和散热340

(一) 产热过程340

(二) 散热过程340

三、发汗341

(一) 汗的成分341

(二) 发汗量341

(三) 汗腺的調節342

四、体温的調節342

(一) 下丘脑的体温調節中枢343

(二) 体温調節的传出途径344

第十章 內 分 泌

第一节 概述346

一、內分泌腺和激素概念346

二、內分泌腺的结构特点346

三、激素作用的特点346

四、神经系统与內分泌的关系347

五、激素作用的原理347

六、研究內分泌机能的方法349

第二节 甲状腺349

一、结构特点和它所分泌的激素349

二、甲状腺激素350

(一) 甲状腺激素的化学本质350

(二) 甲状腺激素的合成、貯存、释放与转运过程350

三、甲状腺激素的生理作用352

(一) 对机体代謝的作用352

(二) 对生长发育的作用353

(三) 对心血管的作用353

(四) 对其它机能的影响354

四、甲状腺机能的調節354

(一) 下丘脑—垂体—甲状腺系统的相互作用354

(二) 交感神经的作用355

(三) 血碘水平对甲状腺分泌的影响356

五、甲状腺机能异常356

(一) 甲状腺机能亢进356

(二) 甲状腺机能不足	357	(三) 垂体前叶机能调节	379
(三) 地方性甲状腺肿	358	二、垂体后叶	381
第三节 甲状旁腺与甲状腺“C”细胞	358	(一) 结构特点及分泌的激素	381
一、甲状旁腺	358	(二) 垂体后叶激素的分泌、贮存和释放	382
(一) 结构特点及它所分泌的激素	358	(三) 垂体后叶激素的作用	382
(二) 甲状旁腺素的生理作用	359	(四) 垂体后叶机能调节	382
(三) 甲状旁腺素分泌的调节	360	第七节 性腺	383
二、甲状腺“C”细胞与降钙素	360	一、卵巢的内分泌机能	383
(一) 降钙素的生理作用	360	(一) 卵巢的周期性变化及其分泌的激素	383
(二) 降钙素分泌的调节	361	(二) 卵巢激素的作用	383
第四节 胰岛	362	(三) 卵巢机能调节	384
一、结构特点及它所分泌的激素	362	(四) 月经周期及其与内分泌的关系	386
二、胰岛素	363	(五) 胎盘的内分泌机能	387
(一) 胰岛素的生理作用	363	二、睾丸的内分泌机能	389
(二) 胰岛素分泌的调节	364	(一) 雄激素及其生理作用	389
(三) 胰岛素分泌的异常	366	(二) 雄激素分泌的调节	389
三、胰高血糖素	366	第八节 其它内分泌	390
(一) 胰高血糖素对代谢的作用	366	一、胃肠胰内分泌系统 (APUD 系统)	390
(二) 胰高血糖素分泌的调节	367	(一) 胃肠胰内分泌系统概念	390
第五节 肾上腺	367	(二) 胃肠胰激素的化学本质和生理作用	390
一、肾上腺皮质	367	(三) 胃肠胰激素作用的相互关系	392
(一) 肾上腺皮质结构特点及其分泌的激素	367	二、前列腺素	392
(二) 肾上腺皮质的主要功能	368	(一) 前列腺素的来源、化学本质与分类	392
(三) 肾上腺皮质机能的调节	371	(二) 前列腺素的生物活性与生理作用	393
(四) 肾上腺皮质机能异常	373	三、胸腺	394
二、肾上腺髓质	374	(一) 胸腺激素的来源与化学本质	395
(一) 肾上腺髓质的激素及其生理作用	374	(二) 胸腺激素的作用	395
(二) 肾上腺髓质机能的调节及其在应急中的作用	375	四、松果体	395
第六节 脑垂体	375	图表索引	396
一、垂体前叶	376		
(一) 结构特点	376		
(二) 垂体前叶激素的种类及其作用	377		

生 理 学

緒 言

一、生理学的定义、研究对象和任务

生理学是研究人体生命活动的现象、过程、规律和发生机制的科学。人体的每一生命活动都起一定作用并实现一定的功能，所以，也可说生理学是研究生理机能的科学。例如对心脏活动这一生命现象，我们不但要了解心脏节律性舒缩活动的现象，对其舒缩过程加以分析，研究它的舒缩活动对于推动血液沿血管在体内循环所起的作用；而且还要研究在不同因素影响下，心脏活动的变化规律及其在整体中的意义，以及探讨产生和改变心脏活动的原因和机制。

对于机体生命现象的研究，可以细胞和亚细胞结构为主要对象，分析生命现象最基本的理化机制；也可以器官和系统为主要研究对象。本课程就是以后者为主。分析各器官、系统的生理功能及其发生机制，并且从整体出发，探讨在整体情况下，在体内、外各种因素影响下，生理功能变化的规律，并在某些基本问题上，也联系一些细胞和亚细胞水平的知识，作为理解器官活动的基础。

医学院校的生理学，是基础医学的重要课程之一，主要是讨论人类正常的生命活动，为有关的基础医学、临床医学和军事医学打下必要的生理学基础。

二、生理学的研究方法

生理学是一门理论科学，它的理论来自于实践。生理学的知识得自长期以来对人体生理现象的观察、临床的实践以及生理实验。而且，大部份系统的知识是从生理实验中总结出来的。从这个意义上说，生理学又是一门实验科学。

所谓生理实验，就是在人工设计的条件下，对某些生理活动施予各种影响因素，观察它们变化的规律，从而揭露它们产生的原因和机制。生理实验可归纳为急性实验和慢性实验两大类：

（一）急性实验：这类实验或者是用动物的某一离体的组织或器官进行，或是用麻醉的整体动物进行。例如，观察一条离体的新鲜肌肉的收缩活动，或离体动物心脏的跳

动，这都属于离体实验。用麻醉动物观察刺激交感或迷走神经时其心跳血压的变化，则属整体实验。总之，它们都属于急性实验，这类实验在较短的时间内可以得出实验结果，并能对动物的某一部份机能和机制进行直接的和细致的分析研究。

(二) 慢性实验：是以完整机体为对象，并且在动物清醒状态下进行实验。例如在研究消化腺分泌功能时，可先用无菌手术将消化腺管开口于体外，待伤口痊愈后再进行实验观察。这种方法可作长期的实验研究，所得结果比较接近于正常生理活动。

在不影响健康的条件下，某些生理实验可在人体上进行。例如在不同条件下测定人体呼吸和血压的变化，或高、低气压对机体某些机能的影响等。

随着其他自然科学的迅速发展和新技术与新仪器的涌现，生理学的研究方法和技术也日新月异，不断地使生理学的研究更加深入、精细、准确和及时。

三、生理学的特点和学习方法

生理学的理论大部份来自实验，因此学习生理学这门课程应特别重视实验。实验的结果是客观的现象，要从实验结果和实验条件之间找出因果关系，揭露它们的内在联系，从中总结出生理活动的规律。生理实验采用的都是活的组织、器官或个体，它们的活动变动性很大，在不同的条件下有不同的表现，即使在相同的条件下，由于组织本身的机能状态的变化，也会有不同的表现。因此在分析问题时，要根据所用的实验方法和当时的实验条件，具体问题做具体的分析。

所以，学习生理学必需以辩证唯物主义思想为指导，重视实验观察，加强逻辑推理和分析判断的锻炼。

(陈肇熙)

第一章 基本生理过程

第一节 膜及其通透性

一切动物细胞都被一层薄膜所包被，这膜称为细胞膜。细胞膜实际上是细胞质的一个特殊组成部分，它把细胞内容物和细胞的外部环境分隔开来，使细胞内容物不致流失，又使细胞的化学成分保持相对恒定，从而使细胞能够作为一个单位而存在。细胞通过细胞膜与周围环境进行有选择的物质交换而得以生存。因此，细胞膜必然是一个具有复杂结构和功能的半透膜，它允许某些物质（有选择地）通过，但又能严格保持细胞内的物质和成份的相对稳定。

细胞膜对某些离子的选择性通透性、通透性能的变化以及对某些离子的主动转运能力，是细胞的生物电现象、兴奋的产生和传导的基础，并与细胞的运动及分泌机能有密切关系。

此外，细胞膜还是细胞接受外界影响的前哨。膜结构中存在“受体”（receptor）——能和细胞外环境中的化学物质或基团进行特异性结合的部位。细胞膜还与机体的免疫机能以及细胞的分裂、繁殖、分化及癌变等过程有关。可见，细胞膜的结构和机能的研究，与基础和临床医学密切相关，也是目前分子生物学中最活跃的领域之一。

一、细胞膜的化学组成和形态结构

（一）单位膜的概念

用电子显微镜观察，发现从低等动物（草履虫、鞭毛虫）以至高等动物的各种细胞，都具有相似的膜的结构。在电镜下细胞膜有三层结构：内、外层为致密带，厚度约25~40 Å；中层为透明带，厚约25 Å。总厚度约75~100 Å。因为它被认为是细胞共有的基本结构形式，故特称之为“单位膜”（unit membrane）。此种膜也见于细胞器的膜性结构（如线粒体膜、溶酶体膜等）。

（二）单位膜的化学组成

不同部位的单位膜，结构相似，但化学组成并不尽同；不同的细胞，细胞膜的化学组成也各有不同。

生物化学分析表明：细胞膜主要由蛋白质和脂质组成，也含少量糖类。如在红细胞

膜中，蛋白质占60%，脂质占40%；但因脂质分子较小，故其分子数目反而比蛋白分子的数目多（100倍以上）。

（三）单位膜的结构

各种物质的分子在膜中的存在形式和排列方式，决定着膜的生物学特性。目前还没有直接观察膜的分子结构的技术方法。根据对天然细胞膜和对一些人工模拟的膜的分析研究，曾提出了各种假说。目前较广泛承认的是“液态镶嵌式模型”（Fluid mosaic model）*。其基本内容是：膜的结构是以液态的脂质双分子层为基架，其中嵌镶着各种具有生理机能的蛋白质。

1. 液态脂质双层：膜的脂质主要是磷脂（约占70%），其它为胆固醇。磷脂分子的一端是由磷酸和硷基构成的亲水极性基团；另一端是由长脂肪酸的烃链构成的疏水性非极性基团。由于这一特性，亲水基团将和水分子结合，而疏水基团则排斥水分子。细胞内外均存在着水份，细胞膜内的磷脂分子将依其亲水或疏水的特性，排列成两层：一层磷脂分子的亲水基团朝向膜的外侧，一层的亲水基团朝向膜的内侧，而这两层的疏水基团彼此相向（图1—1）。因此，细胞的内外是由一脂质的膜隔开的。事实上，早已知道水溶性物质不如脂溶性物质容易透过细胞膜。如麻醉药的效率与其脂溶性大小成比例；磺胺类药物在结构被改变以增大其水溶性之后，就更不易被肠道吸收。

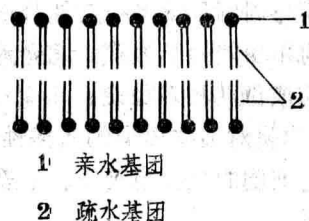


图1—1 示细胞膜的脂双层的排列

因脂质的熔点较低，故呈液态，即具有某种程度的流动性；但因其具有极性，其流动性仅表现在同一分子层内的分子移动。流动性与其组成成份有关，如膜的脂质中的不饱和脂肪酸含量增加时，流动性加大；胆固醇含量增加时流动性降低。

2. 细胞膜中的蛋白质：膜内含有蛋白质已为化学分析所证实。但膜中的蛋白质究竟以何种形式存在，则是长期争论的问题。七十年代以前，大多数人认为蛋白质是平铺在脂质双层的内外两个面上；近年的研究认为蛋白质是以球形结构（ α -蛋白质）镶嵌在膜的脂双层之中。进一步的实验还证明，膜内的蛋白质并不是单一的，其结构和机能也各不相同。有些蛋白质分子贯穿整个脂双层，两端伸出到膜的两侧；有的蛋白质则靠近膜的内或外侧面“扎根”较浅。这些蛋白质的作用各不相同，或与细胞膜的物质转运机能有关，或与膜的受体机能有关，或与细胞的变形或运动有关，或与细胞的免疫机能有关，或者具有酶的性质。

二、膜的结构及其与转运机能的关系

细胞的膜如果主要是由液态的脂质构成的，那么，从理论上推论，只有脂溶性的物

* Singer, S. J. and Nicolson, G. L. (1972) Science 175:720~731.

质才能够通过。事实上却不是这样。生活着的细胞不断在进行新陈代谢，多种物质不断进出细胞。其中大多数物质不是脂溶性的，或者其水溶性大于其脂溶性。

为了说明细胞膜的物质转运机能，曾提出过各种假设和推测。例如，有人曾提出膜上存在着管道，管“壁”衬着有极性的蛋白质分子，可以容许水分子和直径小于管径的离子或分子通过。这种设想能够解释一些现象，但不能解释所有的问题。例如钾钠离子的直径虽然相似，膜对它们的通透性在不同机能状态下可有很大差异。近年的研究认为镶嵌在膜的脂质双层中的蛋白质的结构不同，每一种蛋白质构成某一种离子的专用通道。这种蛋白质称为“离子通道蛋白质”(ionophorous protein)，或称“离子载体”(ionophore)或简称通道(channel)。由于在某些因素影响下蛋白质的化学构型可以改变，故表现为对某种离子通透性的变化。

细胞膜转运物质的形式，通常有：(1)单纯扩散，(2)易化扩散和(3)主动转运。兹分述如下：

(一) 单纯扩散

气体或液体中的分子，除在绝对温度零度时外，都在不停地运动着、互相碰撞着。这称为分子的热运动。如在一个容器内，放入两种不同浓度的同一溶液，则高浓度区域的溶质分子将向低浓度区运动，低浓度区的溶质分子也向高浓度区运动，但前者多于后者。溶质分子由高浓度区向低浓度区的“净移动”的现象，称为“扩散”(diffusion)。这种单纯扩散是一种物理现象。物质分子的移动量的大小，用“通量”(flux)这一概念表示。通量是指某种物质在每秒钟内通过每平方厘米平面的克分子(或毫克分子)数。一般情况下，扩散通量与平面两侧溶质分子的浓度差——或称“浓度梯度”(concentration gradient)——成正比*。但电解质溶液，离子的移动不仅决定于浓度梯度，还决定于离子所受的电场力——电位梯度(potential gradient)。

细胞膜是介于细胞内、外液体之间的脂质膜。因此只有溶于脂质的物质分子，才有可能从高浓度一侧向低浓度一侧扩散。扩散通量不仅决定于膜两侧该物质的浓度梯度，也决定于膜对该物质通过的阻力(或难易程度)——即“通透性”(Permeability)。

据目前所知，体内单纯借物理性扩散而通过细胞膜的物质很少，较肯定的只有 O_2 和 CO_2 等气体分子，它们进出细胞很少受膜的生物学因素的影响或调节。此外，近年来也认为即使是脂溶性物质(如固醇类激素)进入细胞，也需要有膜上某种蛋白质的帮助

* 扩散通量 Q 与浓度梯度 $((S_1)-(S_2))$ 克分子/厘米³及面积 A 厘米²呈正比，

$$\text{即 } Q = P A ((S_1)-(S_2))$$

$$\text{由上式，得 } P = \frac{Q}{A ((S_1)-(S_2))} = \frac{\text{克分子/秒}}{(\text{厘米})^2 (\text{克分子/厘米}^3)} = \frac{\text{厘米}}{\text{秒}}$$

可见， P 就是某一溶质通过某一种膜的“通透性系数”(permeability coefficient)， P 越大，溶质经膜扩散的速度越快。也即， P 代表在单位面积膜和单位浓度梯度下，溶质通过膜的速度。