

高等学校试用教材

基础生理学

北京大学生物学系生理学教研室编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张18.5 插页1 字数 420,000

1979年8月第1版 1980年11月第2次印刷

印数 6,301—13,300

书号 14012·038 定价 1.40 元

编 者 的 话

本教材是综合大学生物学系生理学的基础教材,主要供动物学方面各专业选用,也可供师范院校、医学院校及其它高等学校有关专业师生参考。

本教材的内容以人和哺乳动物的器官生理学为主,扼要介绍一些细胞水平与整体水平的资料。这些内容是生理学各分支如医学生理学、运动生理学、动物生理学、家畜生理学等的基础。为此,本教材从简单的组织,即神经肌肉组织的一般生理学开始,首先介绍一些重要的生理学基本概念,然后分别讨论各器官系统的活动机制与调节,最后以复杂的生殖过程为例,阐明完整机体的活动。讲课时间共约 90 学时,各章的时数分配(仅供参考)大致如下:

第一章 神经肌肉组织的一般生理	9 学时
第二章 中枢神经系统总论	6 学时
第三章 中枢神经系统的运动机能和高级机能	12 学时
第四章 中枢神经系统的感觉机能和感觉器官	12 学时
第五章 血液	4 学时
第六章 血液循环	12 学时
第七章 呼吸	6 学时
第八章 消化	6 学时
第九章 能量代谢与体温调节	3 学时
第十章 肾的机能	5 学时
第十一章 内分泌	10 学时
第十二章 生殖	3 学时
机动	2 学时

在讲第一章之前,需要对本课程作简单的介绍,说明生理学的研究对象和分支,以及与教学有关的事项,即教材的“绪言”和“编者的话”中的部分内容,大约一小时。教材的结语:生理学的发展,目的在于使学生对生理学的发展有一基本概念,丰富对生理学的理解,可扼要地讲解,或由学生自学。

每章之末附有若干复习思考题,以供参考,不要求学生全部解答。如果对这类问题进行认真的思考,可能有助于加深对基本内容的理解,引导学生灵活应用所学的基本知识与理论,联系实际,以利于培养独立工作能力。这类复习思考题也可供课堂讨论用。

本教材的编写大纲是 1977 年 10 月于成都召开的生物学教材会议讨论制定的。初稿完成后,曾向一些综合大学、医学院校、师范院校和有关研究单位征求意见,进行修改。1979 年 2 月在北京召开本书审稿会议,参加的单位有复旦大学、南京大学、中山大学、云南大学、兰州大学、南

开大学、中国科技大学、北京师范大学、北京师范学院、上海师范大学、吉林师范大学、武汉大学和北京大学等共十三所高等院校。北京大学参加编写的同志也出席了会议。与会代表认真地审阅初稿，热烈讨论，提出了许多宝贵意见，并确定本书可以作为高等院校生物学系有关专业的试用教材。中国科学院生理研究所部分同志和上海第一医学院徐丰彦教授提出了书面的审查意见。编者对出席这两次会议和提供意见的所有同志表示衷心感谢。北京大学许多同志在组织联系、抄写打印、绘图等方面，做了大量的工作，使编写工作能顺利地如期完成，对这些同志的辛勤劳动，在此表示衷心感谢。

北京大学参加编写的同志有赵以炳、蔡益鹏、张人骥、陈守良、潘其丽、高天礼、方崇仪等。全书由刘次元、陈守良、高天礼三同志统一修改审定。由于我们业务水平的限制，尤其因为我们没有试用本教材的实际经验，缺点和错误必然很多，希望读者多多指正，以利今后的修改提高。

本教材的主要参考书为：

1. 《人体生理学》，上海第一医学院主编，人民卫生出版社，1978。
2. 《生理学》，湖南医学院生理学教研组主编，人民卫生出版社，1978。
3. 《医学生理学和生物物理学》，T. C. 鲁，J. F. 傅尔顿合编，科学出版社，上册（1974），下册（1978）。

名词术语基本上以人民卫生出版社 1978 年出版的《英汉医学词汇》为准。

主编 赵以炳

一九七八年四月于北京

目 录

绪论	1	4. 丙酮酸与脂酸的氧化	20
第一章 神经肌肉组织的一般生理	3	三、收缩的能量转变	20
第一节 概述	3	(一) 产热过程	20
第二节 神经肌肉的兴奋性	4	(二) 收缩的机械功和效率	21
一、兴奋性	4	四、收缩的原理——滑行学说	22
二、电刺激的参数	4	(一) 肌原纤维的亚显微结构	22
三、强度-时间曲线	5	(二) 肌肉收缩的滑行学说	22
四、兴奋性的指标	6	五、兴奋-收缩耦联	23
强度-时间曲线 阈强度 时值		(一) 肌管系统	23
五、兴奋性的变化	7	(二) 兴奋-收缩耦联过程	23
第三节 神经冲动及其传导	7	第五节 神经肌肉传递	24
一、阴极射线示波器	8	一、神经肌肉接点的传递过程	25
二、神经纤维的膜电位	8	二、影响神经肌肉接点传递的因素	27
三、膜电位的产生原理: 离子学说	9	三、去神经后肌肉的变化	28
四、动作电位的传导	11	复习思考题	28
五、脊椎动物神经干的动作电位	11	第二章 中枢神经系统总论	29
(一) 双相动作电位	11	第一节 概述	29
(二) 单相动作电位	12	一、神经系统在动物机体活动中的主导地位	29
(三) 锋电位与后电位	13	二、中枢神经系统的主要结构与机能	29
(四) 锋电位的传导速度	13	三、神经系统机能的分类	35
(五) 神经纤维的分类	13	第二节 神经元	35
(六) 跳跃传导	14	一、神经元学说	36
(七) 绝缘性传导	14	(一) 神经元的结构	36
(八) 顺向冲动与逆向冲动	15	(二) 神经的变性与再生	37
(九) 传导阻滞	15	(三) 神经元的机能分类	37
六、神经传导的代谢	15	二、突触	38
第四节 肌肉的收缩	16	(一) 突触的结构	38
一、收缩的机械变化	16	(二) 突触传递	39
(一) 等张收缩和等长收缩	16	(三) 突触后电位的本质	39
(二) 单肌颤搐(单收缩)	16	1. 兴奋性突触后电位(EPSP)	39
(三) 收缩的总和与强直收缩	17	2. 抑制性突触后电位(IPSP)	40
(四) 在活体内的收缩	18	三、介质(递质)	40
二、收缩的代谢	18	(一) 兴奋性介质	41
(一) 无氧代谢与需氧代谢	19	(二) 抑制性介质	41
(二) 收缩的主要化学变化	19	(三) 受体(receptor)学说	41
1. 三磷酸腺苷(ATP)的分解与合成	19	四、神经胶质细胞	42
2. 磷酸肌酸(CP)的作用	20	第三节 反射活动	43
3. 肌糖原的酵解	20	一、反射的概念	43

二、反射弧	44	(二) 皮层的结构及其机能	66
三、脊髓动物反射活动的一般特征	44	(三) 皮层运动区	66
(一) 兴奋在中枢内扩布的特征	44	(四) 大脑皮层与脊髓前角运动神经元的联系	69
1. 单向性	44	1. 锥体系统(皮层脊髓束)	69
2. 中枢延迟	45	2. 锥体外系统(锥外系)	69
3. 扩散与聚合	45	3. 偏瘫	70
4. 总和	46	(五) 随意运动	70
5. 阈下兴奋区与闭锁	47	六、小结	70
6. 后放	47	第二节 中枢神经系统对内脏运动机能的调节	
7. 疲劳	48	和控制	71
(二) 抑制与协调	48	一、内脏反射弧的结构与机能特点	71
1. 交互抑制	48	(一) 内脏反射弧的传出部分	71
2. 下行抑制	49	(二) 双重神经支配	72
3. 突触前抑制	49	(三) 抑制	73
四、反射的多级控制	50	(四) 内脏活动的相对自主性	73
五、反馈在反射活动中的重要意义	51	二、内脏神经系统中的突触传递	73
复习思考题	51	(一) 胆碱能纤维	74
第三章 中枢神经系统的运动机能和高级机能		1. 拟毒蕈碱作用(M型作用)	74
第一节 中枢神经系统对躯体运动的调节	52	2. 拟烟碱作用(N型作用)	75
一、牵张反射	52	(二) 肾上腺素能纤维(肾上腺能纤维)	75
(一) 运动单位与肌肉运动的分级	52	1. 肾上腺素能介质的合成、贮存、释放和清除	75
(二) 肌紧张	52	2. α 与 β 受体	75
(三) 紧张性与位相性活动	53	(三) 内脏神经对效应器细胞突触后膜电位的影响	75
(四) 牵张反射的机制	53	三、内脏神经机能的中枢调节	77
(五) 肌梭的结构与机能	54	(一) 脊髓	77
(六) 伸肌牵张反射的抑制	55	(二) 脑干	77
二、脑中枢对伸肌牵张反射的影响	57	(三) 小脑	77
(一) 脊髓休克	57	(四) 丘脑下部(下丘脑)	77
(二) 去大脑强直及其机制	57	四、大脑皮层对内脏机能的调节	79
(三) 网状结构在调节肌紧张中的重要作用	58	(一) 新皮层的内脏调节机能	79
三、姿势反射与前庭器官	59	(二) 边缘前脑系统	79
(一) 颈反射	59	第三节 中枢神经系统的高级机能	80
(二) 迷路反射与前庭器官的结构和机能	60	一、高级机能概述	80
1. 耳石器官	60	二、大脑的觉醒与睡眠	80
2. 三半规管	60	三、条件反射学说	82
3. 直线加速运动	61	(一) 条件反射的建立	82
4. 角加速运动和眼球震颤	61	(二) 暂时联系的接通	82
(三) 翻正反射	61	1. 接通的定位	82
四、小脑和基底神经节的机能	62	2. 接通的机制	84
(一) 小脑	62	(三) 条件反射的抑制	84
(二) 基底神经节	64	1. 消退抑制	84
五、大脑两半球的躯体运动机能	65	2. 分化抑制	84
(一) 大脑皮层的研究方法	65	(四) 神经症与神经型	85

(五) 人类条件反射活动的特征	86
四、记忆与情绪	86
五、动物的行为	87
(一) 两类行为	87
(二) 行为的一般机制	87
(三) 关于习得行为生理基础的两种概念	88
复习思考题	88
第四章 中枢神经系统的感觉机能和感觉器官	
第一节 感觉机能的一般生理学	89
一、感觉的生物学意义	89
二、感觉的分类	89
(一) 临床分类	89
(二) 谢灵顿氏分类	89
(三) 根据刺激理化性质的分类	89
三、感觉的敏感性与适宜刺激	90
四、缪勒氏“特殊神经能量定律”	90
五、巴甫洛夫的分析器学说	91
六、感受器的冲动发放	91
七、感觉的适应	92
八、传入通路	93
九、大脑皮层感觉区的定位	93
十、刺激强度与感觉的关系	95
十一、感觉的投射	95
十二、感觉器官的中枢控制	96
第二节 躯体感觉、嗅觉和味觉	96
一、触(压)觉	96
二、温觉和冷觉	96
三、痛觉	97
四、嗅觉	98
五、味觉	98
第三节 听觉	99
一、耳的结构	99
二、声刺激	99
三、传声途径	101
四、音频分析与听觉学说	102
(一) 耳蜗的结构	102
(二) 耳蜗的音调定位	103
(三) 听觉的位置学说	103
(四) 听觉冲动的发放	104
(五) 微音器电位与耳蜗神经的锋电位	104
五、听觉的神经通路 & 皮层定位	105
六、听觉障碍	106

七、双耳听觉与声源方向的判定	106
第四节 视觉	106
一、眼的结构与折光系统	106
(一) 眼的结构	106
(二) 眼的折光系统和简约眼的视象形成	107
(三) 眼的调节	108
(四) 调节反射	109
(五) 眼的折光异常	109
二、视网膜的结构与机能	110
三、视杆细胞与视锥细胞的机能	111
(一) 光敏感度	112
(二) 视敏度	113
(三) 有色视觉与无色视觉	113
(四) 暗适应与明适应	113
四、感光色素的光化学反应	114
五、色觉的三色学说	115
六、视网膜电图与神经节细胞的电活动	116
七、视觉的中枢通路 & 皮层定位	117
八、视野和双眼视觉	119
复习思考题	119
第五章 血液	120
第一节 概述	120
一、内环境和自稳态(内环境稳定)	120
二、血液的总量(血量)	120
三、血液的组成	121
四、血液的主要机能	121
(一) 自稳态的维持	121
(二) 运载与联系作用	121
(三) 防御机能	122
第二节 血浆的化学成分与理化特性	122
一、血浆的化学成分	122
二、血浆的理化特性	123
(一) 渗透压	123
(二) 酸碱度	123
第三节 血细胞的生理	124
一、红细胞	124
(一) 红细胞的形态、数量及其生理意义	124
(二) 红细胞的结构与组成	125
1. 红细胞膜的结构与机能	125
2. 血红蛋白的组成与机能	125
(三) 红细胞的生成与破坏	125
1. 红细胞生成的调节机制	125

2. 影响红细胞生成的因素	126
二、白细胞	127
(一) 白细胞的形态、数量与机能	127
(二) 白细胞的生成与破坏	127
三、血小板	128
(一) 血小板的机能	128
(二) 血小板的生成与破坏	128
第四节 红细胞的凝集与血型	128
一、凝集现象和凝集的机制	128
二、血型与血型系统	129
三、ABO 血型的鉴定与输血	129
四、Rh 因子	130
第五节 血液的凝固与纤维蛋白的溶解	131
一、血液的凝固及其生理意义	131
二、血液凝固的基本过程	131
三、抗凝、促凝与止血	133
四、纤维蛋白的溶解	133
复习思考题	134
第六章 血液循环	135
第一节 概述	135
第二节 心脏的生理	136
一、心脏的自动节律性(自律性)	136
二、心肌的动作电位	138
(一) 去极化过程(0 相)	138
(二) 再极化(复极化)过程	138
三、心肌自律性的电生理学	140
(一) 自律性形成的原理	140
(二) 影响心肌自律性的因素	140
(三) 自律性的异常	141
四、心脏的传导性和收缩性	141
(一) 传导性	141
(二) 心脏机能的合性	141
(三) 心肌收缩的全或无性质	142
(四) 心肌兴奋性和收缩性的关系	142
(五) 心肌收缩的机制	142
五、心电图	143
(一) 心电图的描记	143
(二) 心电图各波的意义	143
(三) 异常心电图	144
第三节 心搏周期	145
一、心搏周期中的主要变化	145
(一) 心房的兴奋和收缩	146
(二) 心室的兴奋和收缩	146

(三) 心室的舒张	147
二、心输出量	147
(一) 正常人体的心输出量	147
(二) 影响心输出量的因素	147
三、心脏的功及其代谢特点	148
(一) 心脏的功	148
(二) 心肌代谢的特点	149
第四节 外周循环	150
一、血管系统各部的血压	150
二、动脉血压	151
三、影响动脉血压的主要血流动力学因素	151
(一) 心输出量	151
(二) 外周阻力	152
(三) 大动脉的弹性	152
(四) 动脉脉搏	152
四、静脉血压与血流	153
第五节 心血管系统的调节	153
一、心脏的传出神经支配	153
(一) 迷走神经的心搏抑制作用	153
(二) 交感神经的心搏加速作用	154
(三) 迷走神经和交感神经的紧张性活动 与平衡	155
二、小动脉的传出神经支配	155
(一) 缩血管神经	155
(二) 舒血管神经	156
三、脊髓的心血管运动神经元	156
四、延髓的心血管中枢	156
五、颈动脉窦-主动脉弓减压反射	157
六、颈动脉体和主动脉体的化学 感受器反射	159
七、心血管系统的高级中枢调节	159
八、调节心血管活动的体液因素	161
(一) 肾上腺素和去甲肾上腺素	161
(二) 垂体后叶加压素	161
(三) 乙酰胆碱	161
(四) 肾素——血管紧张素	162
(五) 代谢产物等局部体液因素	162
第六节 微循环、组织液和淋巴液	162
一、微循环	162
(一) 微循环的组成部分	162
(二) 毛细血管血压	163
(三) 毛细血管的通透性	163
(四) 微循环的调节	164

二、组织液和淋巴液	164	(一) 延髓的呼吸中枢	183
(一) 组织液的生成	164	(二) 脑桥的呼吸中枢	184
(二) 淋巴液的生成及其流动	164	二、动脉血的 CO_2 分压与 O_2 分压对呼吸运	
(三) 影响组织液和淋巴液生成的因素	165	动的反馈性调节	184
第七节 器官循环	166	三、呼吸器官本体感受器对呼吸运动的反馈	
一、冠脉循环	166	性调节	186
(一) 冠脉循环的生理特点	166	(一) 肺本体感受器的反馈调节	186
(二) 冠脉循环的调节	167	(二) 呼吸肌本体感受器的反馈调节	186
二、肺循环	167	四、高级中枢对呼吸运动的调节	187
(一) 肺循环血压与血流	167	第四节 特殊气压下的呼吸与人工呼吸	187
(二) 肺循环的过滤作用	168	一、低 O_2 环境对呼吸的影响	188
三、脑循环	168	(一) 高海拔、低气压与肺泡 O_2 分压降低	188
(一) 脑循环的生理特点	168	(二) 低 O_2 环境对呼吸的影响及其防护	188
(二) 脑循环的神经体液调节	168	(三) 服习	188
(三) 脑脊液和血脑屏障	169	二、人工呼吸	189
复习思考题	170	复习思考题	189
第七章 呼吸	171	第八章 消化	190
第一节 呼吸运动与肺通气	171	第一节 消化管的运动机能	190
一、呼吸运动与呼吸肌	171	一、平滑肌的机能分类	190
二、肺容量与肺通气量	172	二、内脏平滑肌的结构与机能特性	190
(一) 肺容量	172	(一) 内脏平滑肌的结构	190
(二) 肺通气量	172	(二) 内脏平滑肌的机能特性	191
三、肺通气的力学	173	1. 平滑肌的膜电位与动作电位	191
(一) 静态的胸内负压、肺内压与肺容量		2. 自动节律性	191
的关系	173	3. 兴奋的传导	191
(二) 肺通气时胸内负压、肺内压与肺容量诸变		4. 伸展性	192
化的关系	174	三、咀嚼与吞咽	192
(三) 胸内负压的生理意义	174	(一) 咀嚼	192
(四) 肺的弹力与肺泡内衬液膜的表面张力	174	(二) 吞咽反射	192
四、肺内气体的分配、更换和混合	175	(三) 食管的蠕动	192
第二节 气体的交换与运输	175	四、胃的运动	193
一、气体分压差是气体交换的动力	176	(一) 胃壁的神支配	193
二、 O_2 、 CO_2 在血液中的化学结合	177	(二) 胃的运动形式	193
(一) 血红蛋白的氧合作用与 O_2 的摄取	178	1. 胃的容受性舒张	193
(二) CO_2 在血液中的化学结合与排出	179	2. 胃的紧张性收缩	193
(三) 血液中的 CO_2 与酸碱平衡	181	3. 胃的蠕动	193
三、肺的血流量与肺泡通气-血流比率	181	(三) 胃运动的神经与体液调节	193
(一) 肺内血流量的分配	181	(四) 胃的排空及其调节	194
(二) 肺泡通气-血流的最适比率与肺泡-血液		五、小肠运动及其调节	194
的气体交换	181	(一) 小肠运动的基本形式	194
四、肺泡-血液间气体交换“膜”及其特性	182	1. 蠕动	194
第三节 呼吸运动的调节	182	2. 分节运动	194
一、呼吸中枢与呼吸调整中枢	183	3. 摆动	195

(二) 小肠运动的调节	195
六、大肠运动和排粪	196
(一) 大肠运动	196
(二) 排粪	196
第二节 消化液的分泌	196
一、分泌的细胞机制	196
二、唾液分泌及其调节	197
(一) 唾液腺及其神经支配	197
(二) 唾液的成分及其作用	197
(三) 唾液分泌的神经调节	197
1. 非条件反射性唾液分泌	197
2. 条件反射性唾液分泌	198
三、胃液分泌及其调节	198
(一) 胃液的成分与作用	198
1. 胃蛋白酶	198
2. 盐酸	198
3. 粘液	198
4. 内因子	198
(二) 胃液分泌的调节	198
1. 胃液分泌的头期	198
2. 胃液分泌的胃期	199
3. 胃液分泌的肠期	200
4. 胃液分泌的抑制	201
四、胰液分泌及其调节	201
(一) 胰液的成分与作用	201
(二) 胰液分泌的调节	201
1. 胰液分泌的头期	201
2. 胰液分泌的胃期	202
3. 胰液分泌的肠期	202
五、胆汁的分泌及其调节	203
(一) 胆汁的成分与作用	203
(二) 胆汁分泌与排出的神经体液调节	203
六、肠液分泌	204
(一) 小肠液的成分与作用	204
(二) 小肠液分泌的调节	204
(三) 大肠的分泌及细菌的作用	204
第三节 吸收的机能	204
一、小肠粘膜及其在吸收中的作用	204
二、吸收的机制	204
三、各种主要营养物质的吸收	205
(一) 水的吸收	206
(二) 电解质的吸收	206
(三) 糖的吸收	206

(四) 蛋白质与氨基酸的吸收	206
(五) 脂肪的吸收	207
四、吸收机能的调节	207
(一) 神经系统对吸收的影响	207
(二) 体液因素对吸收活动的影响	207
第四节 消化机能的整体性	207
一、消化机能的整体性	207
二、消化机能与机体其它机能的关系	208
三、食物中枢	208
四、消化管的内分泌机能	209
复习思考题	209
第九章 能量代谢与体温调节	210
第一节 概述	210
第二节 能量代谢	210
一、气体代谢与能量代谢	210
二、能量代谢的测定	211
三、影响代谢的因素与基础代谢率	212
第三节 体温调节	212
一、体温调节的进化与人的体温	212
(一) 变温性、异温性和恒温性	212
(二) 人的体温	213
二、散热机制与调节	214
(一) 物理散热	214
(二) 生理机制	216
1. 血管运动与体温调节	216
2. 出汗与体温调节	216
三、产热机制与调节	217
四、体温的中枢调节	218
(一) 下丘脑(丘脑下部)体温调节中枢	218
(二) 体温调节中枢的激活	219
五、体温调节的障碍	220
(一) 发热与体温过高	220
(二) 体温过低	220
复习思考题	221
第十章 肾的机能	222
第一节 肾的基本机能和结构	222
一、肾单位的基本结构与机能	223
二、肾血液供应的特点	223
三、两类肾单位的差异	224
第二节 尿的形成过程	225
一、肾小球的滤过作用	225
(一) 肾小球滤过率	225

(二) 影响肾滤过率的因素	226	二、激素的特征	242
二、肾小管与集合管的重吸收作用	227	三、研究内分泌腺的方法	243
(一) 重吸收的部位及其结构基础	227	四、激素的作用	243
(二) 重吸收的动力	228	五、激素的化学本质与作用机制	243
(三) 葡萄糖重吸收的特点	229	(一) 肽类与胺类激素的作用机制	243
(四) 各种物质重吸收之间的相互关系	229	(二) 类固醇类激素的作用机制	244
(五) 肾小球滤过作用对肾小管重吸收的影响	229	第二节 垂体	244
三、肾小管与集合管的分泌(排泄)作用	229	一、垂体的结构	244
小结	230	二、神经垂体	244
第三节 肾对 Na^+ 与水的排泄	230	(一) 神经垂体与其作用	244
一、尿 Na^+ 的排泄	231	(二) 神经垂体激素的分泌与调节	245
二、肾小管-集合管对 Na^+ 的重吸收	231	三、腺垂体	246
(一) 近曲小管	231	(一) 腺垂体的激素及其作用	246
(二) 髓祥	232	(二) 腺垂体的中枢神经控制	247
(三) 远曲小管与集合管	232	1. 影响腺垂体活动的因素	247
三、肾对水的排泄	233	2. 丘脑下部对腺垂体的控制	247
四、尿的浓缩与稀释——逆流系统学说	233	3. 腺垂体机能的反馈性调节	248
(一) 肾小管髓祥的“逆流倍增”作用与髓质高渗状态的形成	234	第三节 甲状腺	248
(二) 髓质直小血管的逆流交换作用与髓质高渗状态的维持	235	一、甲状腺的形态结构	248
第四节 肾泌尿机能的调节	235	二、甲状腺素的生物合成与分泌	249
一、肾血流量的调节	236	三、甲状腺的机能	250
(一) 肾血流量的自动调节——肌源学说	236	(一) 对代谢的作用	250
(二) 肾血流量的神经-体液调节	236	(二) 对生长发育的影响	250
二、醛甾酮对肾机能的调节及其分泌的控制	237	(三) 影响性的成熟	250
(一) 醛甾酮对肾泌尿机能的调节	237	(四) 影响中枢神经系统的活动	250
(二) 醛甾酮分泌的控制——肾素-血管紧张素系统	237	四、甲状腺机能的调节	250
三、抗利尿激素对肾机能的调节及其分泌的控制	238	(一) 促甲状腺素	251
(一) 抗利尿激素对肾泌尿机能的调节	238	(二) 丘脑下部促甲状腺素释放激素的作用	251
(二) 抗利尿激素分泌的控制	238	(三) 甲状腺激素对腺垂体的抑制作用	251
四、肾脏前列腺素的排 Na^+ 、利尿与降压作用	239	五、地方性甲状腺肿	251
第五节 排尿及其控制	239	六、甲状腺机能亢进(甲亢)	251
一、膀胱的活动特性	239	第四节 甲状旁腺素和降钙素	252
二、膀胱与尿道的神经支配	239	一、甲状旁腺素	252
三、排尿反射与高级神经中枢的控制	240	(一) 甲状旁腺的形态与结构	252
复习思考题	241	(二) 甲状旁腺素的生理作用	252
第十一章 内分泌	242	1. 作用于骨	252
第一节 概述	242	2. 作用于肾	252
一、内分泌概念和发展简史	242	3. 作用于小肠	252
		(三) 甲状旁腺素分泌的调节	253
		二、降钙素的分泌与作用	253
		三、甲状旁腺素、降钙素与维生素D对血钙的调节	253
		第五节 肾上腺	253

一、肾上腺的形态结构	253
二、肾上腺的切除与皮质机能不足	254
三、肾上腺皮质的机能	254
(一) 肾上腺皮质激素的种类与化学结构	254
(二) 糖皮质类固醇的生理作用	255
1. 对物质的代谢作用	255
2. 对紧张状态的抵抗力增加	256
3. 对血液系统的影响	256
4. 其它	256
(三) 糖皮质类固醇分泌的调节	256
1. 腺垂体对糖皮质类固醇分泌的调节	256
2. 丘脑下部对腺垂体 ACTH 分泌的调节	257
3. 血液中糖皮质类固醇对丘脑下部和腺垂 体的负反馈作用	257
(四) 盐皮质类固醇的生理作用与分泌的调节	257
四、肾上腺髓质的机能	257
(一) 肾上腺髓质的激素	257
(二) 肾上腺素与去甲肾上腺素的生理作用	258
(三) 肾上腺髓质活动的调节及其对机 体的意义	259
第六节 胰岛素与高血糖素	259
一、胰岛的形态与结构	259
二、胰岛素与糖尿病的关系	259
三、胰岛素的化学结构和代谢	259
四、胰岛素的主要生理作用	261
五、胰岛素分泌的调节	261
六、高血糖素(胰高血糖素)	261
(一) 高血糖素的主要生理作用	261
(二) 高血糖素分泌的调节	262
第七节 其它内分泌激素	262
一、胸腺	262
二、前列腺素	262
(一) 前列腺素在体内的分布	262
(二) 前列腺素的形成与代谢	263
(三) 前列腺素的生理作用	263
三、松果体	264
(一) 松果体分泌的激素及其机能	264
(二) 松果体机能的调节	264
复习思考题	266

第十二章 生殖	267
第一节 概述	267
第二节 睾丸的机能	267
一、睾丸的生精作用与精子的受精能力	268
二、睾丸的内分泌机能	269
三、睾丸活动的调节	269
第三节 卵巢的机能	269
一、卵巢的生卵作用	269
(一) 卵泡的成熟过程	269
(二) 排卵	270
(三) 黄体的形成	270
二、卵巢的内分泌机能	270
(一) 雌激素的作用	270
(二) 孕酮的作用	271
三、生殖周期	271
(一) 雌性哺乳动物的性周期	271
(二) 人类的月经周期	271
(三) 卵巢内分泌在生殖周期中的作用	272
四、卵巢活动的调节	273
(一) 腺垂体促性腺激素的作用	273
(二) 丘脑下部和卵巢活动的关系	273
(三) 雌激素和孕激素对丘脑下部与腺垂体机 能的反馈性影响	273
第四节 受精与妊娠	274
一、受精	274
二、妊娠	275
三、分娩	275
四、授乳	276
五、雌性生殖过程的神经-体液调节	276
复习思考题	277
第十三章 结语: 生理学的发展	278
(一) 古代人民的生理学知识	278
(二) 解剖生理学的兴起	278
(三) 活体解剖与实验生理学的创立	279
(四) 力学与化学对生理学发展的影响	280
(五) 分析生理学与综合生理学的发展	281
(六) 生理学发展的新动向	282
(七) 实验生理学在我国的发展	283

绪 论

(一) 生理学的研究对象 生理学(physiology)泛指人体及动物生理学,它研究人和动物机体的各种机能(功能, function),例如机体对环境的适应,呼吸、循环、消化等器官系统的活动,以及细胞和细胞器的作用等。生理学工作者在深入论述机能时常用的一个术语是机制(机理 mechanism),例如肌肉收缩的机制、神经传导的机制、腺体分泌的机制等。所谓机制,简单地说,亦即活动方式或发生过程,也具有原理的涵义。对机制的研究是层层分析、步步深入的。

生理学的发展,在很大程度上是与医学实践的需要和进步密切联系的,而首先是从研究器官系统的机能开始。对各种器官系统机能的研究,一般称为器官生理学。威廉·哈维(William Harvey)在十七世纪对心血管系统的研究奠定了器官生理学的基础,并且使生理学确立为一门独立的科学。

在器官生理学的基础上,生理学可以向两方面发展。一是研究完整机体对环境变化的反应和适应。就整个动物界来说,在漫长的生物进化过程中,动物机体对各种不同环境可产生适应,或者在同一环境中可发生不同的适应机制。就人类而言,活动的范围不断扩大,环境条件愈益严峻(如高山、高空、宇宙航行、深水作业等),随之提出了许多新的生理学研究课题,这类研究必须在整体的水平上进行。

器官生理学的另一个,也许是更为根本的发展方向,是对生理机制不断深入的分析研究。电子显微镜的发展首先把组织学和细胞学推进到大分子的水平,这使得生理学者必须从新的水平上考虑器官生理学的问题。细胞水平和分子水平上的生理学研究,现在已经成为活跃的领域。

这三方面(器官、整体和分子水平)的生理学研究都是必要的,它们是相辅相成的。

(二) 生理学的分支 生理学是数学、物理学、化学与生物学相结合的产物,用数、理、化的实验方法和科学原理研究生物机体的生命现象。现代自然科学和工程技术的飞跃进步促进了生理学的发展,生理学的分支越来越细,出现了许多新的领域。医学生理学和病理生理学是以人和动物的器官生理学为基础的。器官生理学的一些重要部分形成了专门的分支,如神经生理学、内分泌生理学、心血管生理学、呼吸生理学、消化生理学等。与人类特殊活动和环境有关的生理学分支,包括运动生理学、劳动生理学、航空生理学、宇宙生理学、特殊环境生理学等。动物的种类繁多,与某些经济动物有关的生理学分支有家畜生理学、家禽生理学、鱼类生理学、昆虫生理学等。生理学研究常用的实验动物为猫、狗、鼠、兔等哺乳动物,和青蛙、蟾蜍等两栖类动物,然而在有利的条件下,生理学者充分利用一些低等动物如乌贼和蜃之类,进行深入研究。系统地研究各种脊椎动物和无脊椎动物的同类机能,通过比较,揭露其系统发生,以达到更全面的认识,这是比较生理学的任务。一般生理学或普通生理学着重研究具有普遍意义的生命现象,如细胞呼吸、生物电、生物膜、收缩性等。

由以上的简单叙述可见,生理学的范围非常广泛,生理学的分支是与人类生活、医学实践、生产实践密切结合的。但是各门分支的共同基础为器官生理学,尤其是哺乳动物的器官生理学,这也构成本教材的主要内容。

(赵以炳)

第一章 神经肌肉组织的一般生理

第一节 概述

神经肌肉生理学主要研究运动神经纤维及其所支配的骨骼肌细胞的生理机能。神经和肌肉细胞的一般生理学的基本内容为兴奋、传导、传递、收缩等基本生理过程。

神经和肌肉是四种基本组织中的两种,而骨骼肌又是人体内数量最多的一种组织,几乎占体重的半数。神经和肌肉是两种不同的组织,有不同的机能特性,然而它们又密切联系,包括在一个共同的单位内,为人体各种躯体运动的基本结构的主要组成部分。正常情况下,起源于中枢神经系统的神经冲动,通过运动神经纤维输出至肌肉,肌肉产生收缩,结果导致各种躯体活动。神经纤维的主要机能是传导冲动,肌肉纤维的主要机能是收缩。传导和收缩是两种不同的生理过程,然而它们互相依存,冲动和收缩的关系好比信息和效应的关系,冲动是信息,收缩是效应。如果神经和肌肉的联系发生故障,神经信息不能传递到肌肉,则不产生收缩效应。

神经和肌肉的活动可以用离体的神经肌肉标本进行研究。蛙和蟾蜍的坐骨神经-腓肠肌等标本是常用的实验材料。如果用足够强度的电流刺激神经干的一端,几乎立即出现肌肉收缩。在刺激和收缩之间发生了一系列复杂的生理过程,包括神经冲动的产生和传导、神经肌肉间的信息传递和肌肉收缩等环节。生理科学工作者利用这类生物标本进行了大量的研究,对于兴奋、传导、传递和收缩这些基本生理现象有比较深入的认识。本章的内容就是讨论这些基本生理过程及其活动规律。

神经肌肉一般生理学的规律和理论具有比较普遍的意义。譬如神经冲动的传导是整个神经系统传递信息活动的基础,无论外周或中枢神经,躯体或内脏神经,运动或感觉神经,基本相同。至于神经肌肉的电学研究乃是全部电生理学的重要组成部分,专业化的心电图学、脑电图学、肌电图学都以这些基本理论为基础。肌肉收缩的理论就不限于骨骼肌,心肌和平滑肌也有类似的基本特征。离子泵的活动现在已经不仅是神经肌肉生理学的问题,大概凡是有离子交换的地方——而这是极其普遍的——都不能不考虑这个概念。神经肌肉接点的传递乃是突触传递的典型,而凡是神经元与神经元之间、神经元与效应器之间,都有突触传递的问题,必须具体地进行分析。

电子显微镜的发展,首先把组织学研究推进到亚显微结构的水平,生理学以及医学各有关领域都必须在这个新的水平上重新考虑它们各自的问题。如神经肌肉生理学研究现在已经发展到细胞水平,并开始进入分子水平的新阶段,生理学的其它部门紧跟上来,病理生理学、药理学、乃至临床医学某些方面的研究也开始在这个方向上发展起来。譬如用活组织检查法从人体外肋间肌分离出完整的肌纤维,可在活体外研究重症肌无力病人单个运动终板的变化。有些科学工作

者甚至在活体内记录了人体单肌纤维的静息膜电位。但必须指出,大量的实验研究是在离体的条件下,用各种动物材料进行的,将这些动物实验的结果应用于人体,将生理学的一般基本规律和理论应用于医学实践,要注意人体的整体性和生理特性,因此,必须进行验证,不能直接生搬硬套。

第二节 神经肌肉的兴奋性

一、兴奋性

在神经肌肉标本上,用一定强度电流刺激神经干的一端,结果肌肉产生收缩。可见电刺激必定在神经干内引起了某种变化过程,这种变化过程称为神经冲动。神经冲动的本质为神经动作电位(见第三节)。神经冲动传入肌肉,然后引起收缩。作用于神经干的刺激,对肌肉来说,是间接的,叫做间接刺激。蟾蜍缝匠肌的两端没有神经纤维支配,在这些部位直接刺激肌肉纤维,也引起收缩。这种刺激,对肌肉来说,是直接刺激。可见肌肉有它自己的独立的兴奋性,可产生肌肉动作电位。

在整体内,肌肉的收缩通常由神经冲动引起,这些冲动起源于中枢神经系统。当神经纤维受损伤而发生溃变,失去兴奋性后,其所支配的肌肉麻痹。这时用电流刺激神经无效,但直接刺激肌肉则仍然可引起收缩。用箭毒处理过(箭毒化)的肌肉,对间接刺激无反应,但对直接刺激仍产生收缩。其实刺激作用于肌肉,首先还是产生冲动,叫做肌肉冲动。肌肉冲动传入肌纤维内部,引起其中收缩物质的变化而出现收缩,这一过程叫做兴奋——收缩耦联。上述这些情况证明,神经和肌肉各有其独立的兴奋性,分别产生动作电位。现今一般狭义地说,可产生动作电位的特性叫做兴奋性(excitability),产生动作电位的过程叫做兴奋(excitation),而具有兴奋性的细胞叫做可兴奋(excitable)细胞。在哺乳动物中,通常只有神经细胞和肌肉细胞是能够产生动作电位的可兴奋细胞。

二、电刺激的参数

对可兴奋的细胞来说,凡是可引起兴奋的动因都叫做刺激。对神经肌肉的有效人工刺激种类甚多,有机械的、温度的、化学的和电的。虽然严格地说,电刺激不是生理性刺激,但在生理学研究却普遍使用,因为电刺激的强度和时间比较容易控制,并可多次重复而对组织无损伤。另外,兴奋本身也具有电的性质,兴奋的过程在许多方面可用电刺激来模拟。

电刺激有许多种类,常用的为感应电震和电子刺激器的矩形波脉冲。现在临床上也常用电子刺激器,例如针麻仪,心脏的起搏器等。

感应电刺激器(电板)由两个线圈组成。当原线圈内通电时,副线圈内产生一个短暂的感应电震,叫做通电震。当原线圈内断电时,副线圈内则产生一个短暂的断电震。这些感应电震的波形见图1-1A,它们的持续时间一般不超过1毫秒(等于千分之一秒)。副线圈的匝数比原线圈多,因此可得到较强的感应电震。改变两线圈间的距离,可以改变感应电震的强度,距离大则强

度小。用感应电刺激神经肌肉标本，通电时出现一次收缩反应，断电时又出现一次收缩反应。这种电震叫做单电震。由于断电震比通电震强，断电震所引起的收缩反应往往较大。如果在原线圈线路内串连一个断续器(象电铃似的)，自动地接通和切断原线圈内电流，即发生一连串的单电震，叫做断续电震。断续电震可使肌肉发生更大的和持续时间长的强直收缩(见第四节)，故又叫强直电震。

根据工作需要，可用电子管或晶体管设计多种类型的电子刺激器。常用矩形波脉冲发生器所发生的矩形脉冲波(图 1-1B)作为刺激。每一个矩形波脉冲有两个基本特性：①脉冲的振幅，代表刺激的强度；②脉冲的宽度，代表刺激的持续时间。调节矩形波脉冲的振幅和宽度，即可得到不同强度和不同时间的刺激。一个电刺激的强度和时间，对于能否引起可兴奋组织的反应有密切的关系。从电子刺激器还可得到各种频率的脉冲。在一定范围内，提高脉冲频率可产生更强的刺激效应。

参数是指数量特性，即可用数字表达的特性。电刺激的参数包括波形、强度、时间和频率等方面。

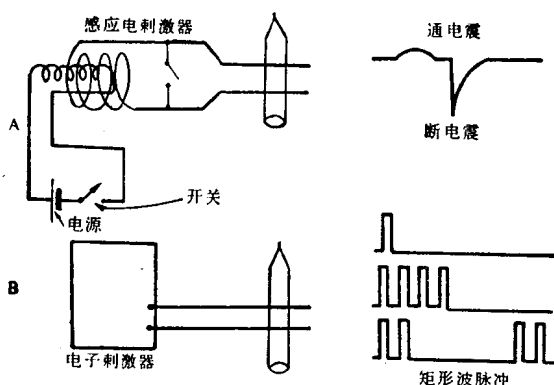


图 1-1 感应电刺激器的通电震和断电震(A)；
电子管刺激器的矩形波脉冲(B)

三、强度-时间曲线

用固定宽度(时间)的矩形波脉冲刺激神经肌肉标本的神经，以肌肉收缩作为神经产生兴奋的指标。改变脉冲的振幅(强度)，由小到大。当刺激强度过低时，没有反应。逐步增加强度，可以找到一个刚刚可引起最小收缩反应的有效强度，叫做阈强度(threshold intensity)。具有这种临界强度的刺激叫做阈刺激(threshold stimulus)。低于阈强度的刺激不能引起明显的反应，叫做阈下刺激(subthreshold stimulus)。高于阈强度刺激叫做阈上刺激(suprathreshold stimulus)。然后改用另一个固定持续时间的矩形波脉冲，同样求出刚刚可引起最小反应的强度，并以此类推。这样可得到一系列阈刺激的数据，每一个阈刺激有一定的强度阈值和时间阈值。把这些数据划在座标纸上，横座标代表刺激时间，纵座标代表刺激强度，结果得到一条曲线，叫做强度-时间曲线(strength-duration curve)(图 1-2)。

强度-时间曲线(图 1-2 中 ICR 曲线)表

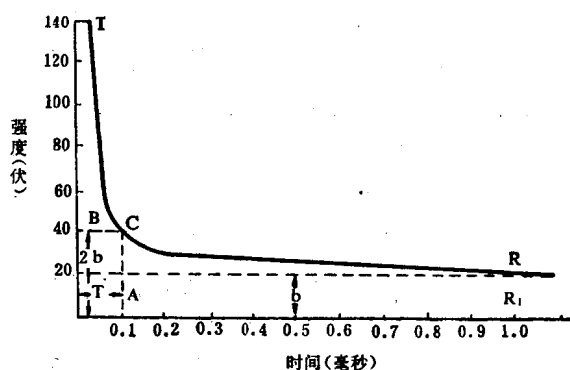


图 1-2 强度-时间曲线
b. 基强度; T. 时值。

示刚刚可引起最小肌肉收缩反应(即神经兴奋)所需要的刺激强度和时间的相互关系,亦即阈刺激的强度和时间的相互关系。强度-时间曲线接近于等边双曲线,其特点是它的两边逐渐地分别成为横座标和纵座标的平行线。在许多种动物和人的可兴奋组织(神经、骨骼肌、心肌、平滑肌等),都可以得到类似形状的曲线。所以强度-时间曲线是具有比较普遍意义的生理现象,表现组织兴奋的普遍规律性。

由图 1-2 可见,曲线的右边自 R 点再向右,实际上已经成为横座标的平行线。这意味着,当刺激时间超过一定限度(R)时,时间因素实际上不再影响强度阈值。或者说,无论刺激时间如何长,有一个最低的基本强度阈值,叫做基强度(rheobase)。低于基强度的刺激一律无效。

曲线的 I 端加以引伸,将成为纵座标的平行线。这意味着,无论刺激强度如何大,有一个最短的基本时间阈值。短于此时间阈值的刺激也一律无兴奋作用。因此,500—1,000 千周的高频率电流(每半周持续时间为 0.001—0.0005 毫秒),虽然强度可达 10 余安,当通过人体时,不能引起组织的兴奋,而只有产热的效应。在高频电疗中常用 40 兆周的电波,强度为 100—150 毫安。然而在刺激时间最适宜的情况下,只须用 2 微安(1 微安等于百万分之一安)电流,即对蛙的神经具有刺激作用。

在此两极之间,刺激的强度因素和时间因素密切相互联系。缩短刺激时间则必须增加刺激强度;降低刺激强度,则必须延长刺激时间,方能引起兴奋。时间-强度曲线上任何一点,代表一个具有一定强度和um时间特性的阈刺激。

四、兴奋性的指标

强度-时间曲线 可以比较全面地反映组织兴奋性的状态,但当兴奋性发生迅速变化时,要测得一条强度-时间曲线,实际上是困难的。如果能在此曲线上选择某一点作为衡量兴奋性的指标,用以进行比较的百分值,这对于生理学研究 and 临床医学实践都是很方便而必要的。常用的指标有阈强度和时值两种。

阈强度 固定刺激时间,改变刺激强度,求刚刚可引起反应的阈强度,这是一个常用的而且是比较容易测定的兴奋性的指标。阈强度低说明兴奋性高,阈强度高表示兴奋性低,用阈强度的倒数来表示兴奋性。基强度是长时间刺激的阈强度。当兴奋性迅速变化时,用阈强度的倒数作为兴奋性的指标是合适的,生理学研究中常用此法。

时值(chronaxie) 另一种常用的测定兴奋性的方法,是在固定刺激强度条件下用时间作为指标。例如固定刺激强度为基强度的两倍,求刚刚可引起反应所需要的最短时间,这个特定的最短时间叫做时值。时值越短意味着组织对刺激发生反应的速度越快,亦即兴奋性越高。或者说,兴奋性为时值的倒数。在图 1-2 中, b 为基强度,纵座标上的 B 点为基强度的两倍(2b)。从 B 点划一条与横座标平行的直线,与强度-时间曲线在 C 点相交,由 C 向下作一垂直线 CA,横座标上的 A 点即是时值(T)。C 点一般在强度-时间曲线发生最大转折的地方,可以测得比较准确。

测定时值的实际步骤是首先用时间较长的刺激求基强度。然后将基强度加倍,改变刺激的