

RENTI JI DONGWU SHENGLIXUE

人体及动物生理学

内 容 提 要

本书主要讲述人体及哺乳动物各器官、系统的生理功能，并结合师范院校培养中学教师的实际，除编有“人体的生长和发育”一章外，在有关章节还介绍了青少年的生理特征及生长发育方面的基本知识。此外，在部分章节中还涉及到一些比较生理学的内容。

本书为高等师范院校生物学系（科）生理学课程的教材，亦可供教育系、体育系，以及中学教师、医学和农牧业等有关科学工作者参考。

高等学校试用教材

人体及动物生理学

王 玢 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂胶印印装

*

开本787×1092 1/16 印张26.75 字数610,000

1986年3月第1版 1986年4月第1次印刷

印数00,001—11,400

书号13010·01200 定价4.35元

序 言

长期以来，高等师范院校生物学系所开生理学课程大多借用高等医药院校教材。由于培养目标及前、后期课程不同，深感不适师范院校使用。自北京大学赵以炳教授主编的《基础生理学》出版以来，多数师范院校选为主要教材，基本上解决了缺少教材的问题，但还不能完全适应教育部1980年审定出版的“高等师范院校生物专业人体及动物生理学教学大纲”规定的内容和要求。因此，1980年在武汉召开的高等学校理科生物学教材编审委员会扩大会议上，决定编写师范院校生物系用的《人体及动物生理学》教材。由北京师范大学(主编单位)、华东师范大学和东北师范大学三校承担编写任务。

本教材的基本内容是讲述机体各器官、系统的功能，侧重人体及哺乳动物生理学。在部分章节还简要地涉及一些比较生理学内容。此外，结合师范院校学生毕业后从事中学教师工作的实际，除编有“人体的生长和发育”一章外，并在有关章节编入青少年的生理特征及生长发育方面的基本知识。

1984年8月22—26日在北京召开本书审稿会议，参加的单位有山东师范大学、湖南师范大学、华南师范大学、西南师范学院、华中师范学院、福建师范大学、上海师范大学、南京师范大学、北京师范学院、包头师范专科学校、华东师范大学、东北师范大学及北京师范大学等校。与会代表认真地审阅初稿，对初稿内容及章节编排提出了许多宝贵的意见。认为本书基本上是按教学大纲内容与要求编写的，可作为高等师范院校生物专业的试用教材。

参加编写的同志有华东师范大学陈汝艳副教授、周绍慈副教授、翁恩琪讲师；东北师范大学蓝书成副教授、叶家明讲师；北京师范大学王玠教授、魏开元副教授、张启元副教授。此外，又外请张继耀副教授编写内分泌一章。

审稿会后，参加编写的同志又按照审稿会上提出的意见进行了修改，最后由主编单位王玠教授统稿。

本书的结语一章承蒙刘曾复教授审阅，并提出宝贵修改意见，特此表示衷心感谢。本书部分插图由东北师范大学绘图室于振洲等同志绘制，深表谢意。

由于水平所限，本书一定会有缺点和错误，恳切希望读者在使用过程中多提意见，以便今后作进一步修改。

本教材的主要参考书为：

1. 《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，1980。
2. 《生理学》(第二版)，周衍椒、张镜如主编，人民卫生出版社，1984。
3. 《人体生理学》，上海第一医学院主编，人民卫生出版社，1978。
4. 《医学生理学和生物物理学》，鲁，T. C.，傅尔顿，J. F. 合编，科学出版社，上册(1974)，下册(1978)。

5. 《生理卫生》，七所师范院校合编，人民教育出版社，1978.

6. 《人体生理学基础》——正常功能与疾病机理，盖顿，A. C. 著，周佳音等译，甘肃人民出版社，1980.

7. Mountcastle, V. B.: Medical Physiology, vol. I, 14 ed., the C. V. Mosby Co., St. Louis, 1980.

8. Lippold, O. C. J. and Winton, F. R.: Human Physiology, Churchill Living-
ton, Edinburgh, 1979.

主编 王 玢

一九八五年五月于北京

目 录

第一章 绪论..... 1	(二) 微终板电位和乙酰胆碱的量子释放.....27
一、人体及动物生理学研究对象、任务和方法..... 1	(三) 终板电位28
二、生理学的门类及与其他学科的关系.....2	(四) 乙酰胆碱的失活28
三、生命现象的基本生理特征及生理机能的调节..... 3	第六节 肌肉的收缩.....29
第二章 神经肌肉组织的一般生理..... 6	一、骨骼肌细胞的结构.....29
第一节 神经和肌肉的兴奋性..... 6	(一) 肌原纤维.....29
一、刺激和反应..... 6	(二) 肌管系统.....30
二、兴奋和兴奋性..... 6	二、兴奋-收缩耦联.....31
三、引起兴奋的主要条件..... 7	三、肌肉收缩的滑行学说.....32
四、强度-时间曲线..... 7	(一) 肌微丝的分子组成32
五、兴奋性的指标..... 8	(二) 滑行学说的实验证据33
六、兴奋性的变化..... 8	(三) 肌丝滑行过程34
第二节 神经和肌肉的生物电现象..... 9	四、肌肉收缩的机械变化.....34
一、生物电现象的研究.....10	(一) 等张收缩和等长收缩.....34
二、静息电位和动作电位.....10	(二) 单收缩和强直收缩.....35
第三节 生物电现象的离子学说.....12	(三) 收缩的机械功.....36
一、细胞膜.....13	第七节 神经和肌肉的代谢.....36
二、细胞膜的物质转运机能.....14	一、神经传导的代谢.....37
三、静息电位和动作电位的离子基础.....15	二、肌肉收缩的代谢.....37
第四节 神经冲动的产生和传导.....17	第三章 中枢神经系统.....39
一、神经冲动的产生.....18	第一节 总论.....39
(一) 外向电流和电紧张电位.....18	一、概述.....39
(二) 局部反应.....18	(一) 神经系统的意义39
(三) 阈电位和动作电位19	(二) 中枢神经系统的研究方法.....40
(四) 锋电位作为兴奋过程的必然表现19	(三) 中枢神经系统的主要部位与机能、及各级中枢的整合作用40
二、神经冲动的传导.....20	二、神经元活动的一般规律.....42
(一) 神经传导的一般特征..... 20	(一) 神经元.....42
(二) 冲动传导的局部电流学说.....21	(二) 突触.....43
三、神经干的复合动作电位.....21	(三) 中枢递质.....45
(一) 复合动作电位的组成22	(四) 神经胶质细胞的机能.....47
(二) 神经纤维的分类.....22	三、反射活动.....48
(三) 双相动作电位和单相动作电位23	(一) 反射48
第五节 兴奋由神经向肌肉的传递.....25	(二) 反射弧.....48
一、神经肌肉接点和神经肌肉传递特征.....25	(三) 反射的分类.....49
二、神经肌肉传递过程.....26	(四) 中枢神经元的联系方式.....50
(一) 乙酰胆碱作为神经肌肉传递的递质26	(五) 反射活动的基本特征.....51
	(六) 反射活动的协调.....53

第二节 中枢神经系统对运动机能的调节	55
一、中枢神经系统对躯体运动的调节	55
(一) 脊髓对躯体运动的调节	55
(二) 脑干对躯体运动的调节	61
(三) 姿势反射	63
(四) 大脑皮质对躯体运动的调节	64
(五) 基底神经节的机能	68
(六) 小脑对躯体运动的调节	68
二、中枢神经系统对内脏活动的调节	70
(一) 植物性神经系统概述	71
(二) 植物性神经的兴奋传递	72
(三) 中枢神经系统各级中枢对内脏机能的调节	77
第三节 中枢神经系统的感觉机能	83
一、概述	83
(一) 感觉的生物学意义与感觉的分类	83
(二) 感受器的一般生理特征	84
二、感觉的传入途径	86
(一) 外周的感觉神经	86
(二) 脊髓的感觉传入通路	86
(三) 头面部感觉的传导途径	88
(四) 特异性投射系统及非特异性投射系统	88
(五) 丘脑的感觉机能	89
三、大脑皮质的感觉分析功能	90
(一) 大脑皮质的结构特点	90
(二) 大脑皮质的感觉代表区	91
四、躯体和内脏感觉	93
(一) 躯体感觉	93
(二) 内脏感觉	99
第四节 中枢神经系统的高级机能	99
一、概述	99
二、大脑皮质的生物电活动	100
(一) 脑电图与皮质脑电图	100
(二) 正常脑电图的基本波形	100
(三) 脑电波形成的原理	102
(四) 皮质诱发电位	104
三、条件反射学说	105
(一) 条件反射与非条件反射	105
(二) 条件反射的建立	105
(三) 暂时联系的接通	106
(四) 条件反射的抑制	107
(五) 动物的神经型与神经症	107

(六) 人类高级神经活动的特征	109
四、觉醒与睡眠	111
(一) 觉醒状态的维持	111
(二) 睡眠及其发生原理	111
五、学习与记忆	113
第四章 感觉器官	118
第一节 听觉器官	118
一、声音刺激、听力和听阈	119
二、声音的传递	120
三、耳蜗对声音的感受和分析	120
(一) 耳蜗的结构特点	120
(二) 耳蜗的音调定位	122
(三) 听觉的位置学说	122
(四) 基底膜的振动和毛细胞的作用	123
(五) 耳蜗的生物电现象——微音器电位与耳蜗神经动作电位	124
四、听觉中枢与听觉的传出控制	125
第二节 前庭器官	126
一、前庭器官的位置和结构	126
二、前庭器官的适宜刺激和它的作用	127
三、眼震颤及其他有关反射	128
第三节 视觉器官	128
一、眼的折光机能	129
(一) 眼的折光系统和简约眼的视象形成	129
(二) 眼的调节	130
(三) 眼的折光异常	131
二、视网膜的机能	132
(一) 视网膜结构简介	132
(二) 视杆细胞和视锥细胞的机能	134
(三) 感光色素的光化学反应	138
(四) 色觉的三原色学说	140
(五) 视网膜内的生物电现象	140
三、视觉的中枢通路及皮质定位	143
第四节 嗅觉和味觉	145
一、嗅觉	145
二、味觉	146
第五章 血液	148
第一节 概述	148
一、体液和内环境	148
二、内环境相对稳定性及其生理意义	148
三、血液的主要生理机能	149
第二节 血液的组成及特性	150
一、血液的一般组成	150

二、血液的物理特性	151	五、微循环	203
三、血浆的化学成分与理化特性	151	六、组织液和淋巴液	204
第三节 血细胞的生理	154	第三节 心血管系统的调节	207
一、红细胞	154	一、神经调节	207
(一) 红细胞的形态、数量和机能	154	(一) 支配心脏的传出神经	207
(二) 红细胞的渗透脆性与溶血	155	(二) 支配血管的传出神经	209
(三) 红细胞的悬浮稳定性与血沉	155	(三) 心血管中枢	209
(四) 红细胞的生成与破坏	156	(四) 心血管反射	211
二、白细胞	159	二、体液因素的调节	214
(一) 白细胞的形态、数量和机能	159	(一) 局部性体液调节	214
(二) 白细胞的生成与破坏	161	(二) 全身性体液调节	216
三、血小板	162	三、微循环的调节	217
(一) 血小板的形态、数量和机能	162	第四节 器官循环	218
(二) 血小板的生成与破坏	163	一、冠状循环	218
第四节 血液凝固与纤维蛋白的溶解	163	二、脑循环	220
一、血液凝固	163	第七章 呼吸	224
(一) 血液凝固的基本过程及原理	164	第一节 呼吸运动与肺通气	224
(二) 抗凝系统的作用	166	一、呼吸运动	224
二、纤维蛋白的溶解	167	二、呼吸时胸内压和肺内压的变化	225
第五节 血量、血型和输血	168	三、肺容量与肺通气量	227
一、血量	168	四、人工呼吸	230
二、血型	168	第二节 气体的交换和运输	231
三、输血的意义及输血原则	171	一、气体的分压和溶解度	231
第六章 血液循环	173	二、气体通过呼吸膜的扩散	233
第一节 心脏生理	173	三、气体在血液中的运输	235
一、心肌的生理特性	173	(一) 氧的运输	236
(一) 心肌细胞的生物电现象	173	(二) 二氧化碳的运输	239
(二) 心肌兴奋的发生与传播和收缩的特性	176	第三节 呼吸的调节	242
(三) 心电图	180	一、呼吸中枢	242
(四) 理化因素对心肌活动的影响	184	(一) 延髓呼吸中枢	242
(五) 心肌代谢的基本特点	185	(二) 脑桥的呼吸中枢	244
二、心动周期	185	二、呼吸反射	245
(一) 心动周期和心率	185	(一) 肺内感受器的反射	245
(二) 心脏的射血过程	186	(二) 呼吸肌本体感受性反射	246
三、心输出量及其影响因素	189	(三) 防御性呼吸反射	246
(一) 心输出量	189	三、二氧化碳、缺氧和氢离子对呼吸的影响	247
(二) 影响心输出量的因素	189	四、高级中枢对呼吸运动的调节	249
第二节 血管生理	190	第八章 消化	250
一、各种类型血管的功能特点	190	第一节 概述	250
二、血压、阻力与血流	191	一、消化的意义	250
三、动脉血压与脉搏	196	二、消化管平滑肌的生理特性	250
四、静脉血压与血流	200	三、消化管的运动	252

四、消化腺的分泌	252
第二节 口腔内消化	253
一、唾液腺及唾液	253
二、咀嚼	255
三、吞咽	255
第三节 胃内消化	256
一、胃的运动	256
二、胃运动的调节	257
三、胃液的分泌及其调节	259
第四节 小肠内消化	262
一、小肠的运动	262
二、小肠运动的调节	264
三、胰液的成分与作用	265
四、胰液分泌的调节	265
五、小肠的分泌	266
六、肝脏的功能	267
七、胆汁的分泌与排出	268
第五节 大肠内消化	269
一、大肠的运动	269
二、大肠的分泌	270
第六节 吸收	270
一、吸收的部位与机制	271
二、各种主要物质的吸收	272
(一) 水、电解质和维生素的吸收	272
(二) 糖的吸收	274
(三) 蛋白质的吸收	274
(四) 脂肪的吸收	274
第七节 食物中枢	275
一、食物中枢的概念	275
二、摄食行为的调节	276
第九章 能量代谢和体温调节	277
第一节 能量代谢	277
一、能量的释放、贮存和利用	277
(一) 三种营养物质的能量代谢	277
(二) 三磷酸腺苷(ATP)与能量代谢	278
二、能量代谢的测定	278
(一) 直接测热法	279
(二) 间接测热法	279
(三) 能量代谢率的衡量标准	281
三、影响能量代谢的因素	282
四、基础代谢	283
第二节 体温调节	283
一、体温及其正常变动	283

二、产热和散热	284
三、体温的反馈调节	288
四、体温调节的障碍	290
第十章 排泄	292
第一节 尿的生成	293
一、尿的性质与成分	293
二、肾脏结构的特点	294
三、肾血液循环的特点	296
四、肾小球的滤过作用	297
五、肾小管与集合管的重吸收作用	301
(一) 重吸收的方式	301
(二) 肾小管对几种物质的重吸收	302
(三) 影响重吸收的因素	304
(四) 水的重吸收和尿的浓缩式稀释	304
六、肾小管与集合管的分泌作用	309
第二节 肾功能的调节	311
一、肾血流量的调节	311
(一) 肾血流量的自动调节	312
(二) 肾血流量的神经-体液调节	312
二、肾小管活动的调节	313
(一) 抗利尿素的作用	313
(二) 醛甾酮的作用	314
第三节 排尿及其调节	315
一、膀胱贮尿与生理性容量	315
二、排尿与尿道的神经支配	316
三、排尿反射	317
四、较高级中枢对排尿的控制作用	317
第十一章 内分泌	319
第一节 概述	319
一、内分泌的概念	319
二、激素的本质	320
三、激素作用的一般特征	320
四、研究内分泌的方法	321
五、激素的作用原理	322
第二节 甲状腺	324
一、切除甲状腺的后果	324
二、甲状腺激素的合成和代谢	324
三、甲状腺激素的机能	325
四、甲状腺机能的调节	327
五、甲状腺机能异常	328
第三节 甲状旁腺和甲状腺C细胞	329
一、甲状旁腺	329
二、甲状腺C细胞与降钙素	330

第四节 肾上腺.....331	四、影响睾丸活动的因素.....364
一、肾上腺结构的特点.....331	五、附性器官的功能.....366
二、肾上腺髓质激素及其生理作用.....331	第三节 雌性的生殖机能.....366
三、肾上腺皮质各类激素的生理作用及其机能调节.....334	一、卵巢的生卵作用.....366
(一) 肾上腺皮质激素的种类.....334	二、卵巢的内分泌机能.....367
(二) 皮质激素的生理作用.....335	三、生殖周期.....371
(三) 糖皮质激素分泌的调节.....338	四、月经周期及其调节.....374
四、肾上腺机能异常.....339	五、月经周期的改变和调控.....376
第五节 胰岛.....340	六、月经周期中体内一些机能的变化.....377
一、胰岛素.....340	第四节 受精、妊娠和授乳.....377
二、胰高血糖素.....342	一、受精.....377
三、胰岛的其它激素及其相互作用.....343	二、妊娠.....378
四、糖尿病.....343	三、分娩.....378
第六节 垂体.....344	四、授乳.....379
一、神经垂体(垂体后叶)与下丘脑的关系.....344	五、控制繁殖的原理.....381
二、下丘脑与腺垂体的机能联系.....347	第十三章 生长和发育.....383
三、腺垂体.....350	第一节 概述.....383
(一) 腺垂体细胞的形态特征.....350	一、生长发育的意义.....383
(二) 腺垂体激素的生理作用.....350	二、研究人体生长发育的意义.....383
四、垂体机能异常.....353	第二节 人体生长发育的一般规律.....384
第七节 其它内分泌激素.....354	一、身体总的发育.....384
一、前列腺素.....354	二、生殖系统的发育.....385
二、胸腺.....355	三、神经系统的发育.....385
三、松果体.....355	四、淋巴系统的生长和发育.....385
四、胃肠激素.....356	第三节 青春期生长发育的特点.....385
(一) 胃肠激素的分泌细胞.....357	一、青春期的生长突增.....385
(二) 胃肠激素的化学特征.....357	二、青春期性器官和性征的发育.....396
(三) 胃肠激素的作用途径.....358	三、青春期的发动机制.....401
(四) 胃肠激素的生理作用.....359	四、影响青春期生长发育的各种因素和近百年来各国儿童、少年生长发育的趋势.....404
第十二章 生殖.....362	第四节 衰老.....408
第一节 概述.....362	一、衰老的定义.....408
一、生殖的意义.....362	二、衰老的生理学特征.....408
二、性征及性的决定和分化.....362	三、衰老的各种学说.....409
第二节 雄性的生殖机能.....363	第十四章 结语: 生理学的发展.....412
一、睾丸的生精作用.....363	一、古代和中世纪的生理学知识.....412
二、睾丸的内分泌机能.....364	二、近代生理学的发展.....412
三、睾丸功能的调节.....364	三、中国实验生理学的发展.....413

第一章 绪 论

一、人体及动物生理学研究对象、任务和方法

(一) 人体及动物生理学研究对象和任务 生理学 (Physiology) 是研究有机体各种机能 (功能, function) 的科学。人体及动物生理学的研究对象为人体及高等动物机体的各种机能。机体的机能就是机体及其各个组成部分所表现的各种生命活动现象或生理活动, 例如循环、呼吸、消化、肌肉运动等。

一般来讲, 人体及动物生理学包括三个不同水平的研究工作:

1. 器官、系统水平的研究 自威廉·哈维 (William Harvey 1578—1657) 在17世纪发现血液循环, 创立了器官生理学后, 才使生理学真正成为一门独立的实验性科学。器官生理学研究各器官及系统的机能。只有了解各器官、系统的特殊机能后, 才能深入阐明整个机体的机能, 因为整体生命活动是建立在体内各器官、各系统机能活动协调配合的基础之上的。

2. 整体水平的研究 主要研究完整机体对环境变化的反应和适应, 以及整体活动中各机能系统活动的调节机制 (机理, mechanism, 即指活动方式或发生过程, 或原理)。

3. 细胞、分子水平的研究 每一器官的机能特点都与组成该器官的细胞的生理特性分不开, 而细胞的生理特性决定于构成细胞的各个物质的物理、化学特性。这个水平研究的对象是细胞和它所含的物质分子的活动规律。这方面的研究内容可称为普通生理学或细胞生理学。

人体及动物生理学的任务就是通过研究生理机能发生的原理、条件、以及机体内环境变化对这些生理机能的影响, 从而认识机体及其各部分机能活动的规律。掌握了生理活动的原理及规律之后, 才能更好地应用这部分知识为预防疾病, 增强人民体质和健康水平服务, 为生产实践和医学实践服务。

(二) 人体及动物生理学的方法 生理学是一门实验性科学, 它对于有机体的生命活动现象, 不只限于观察和描述, 而要运用实验的方法, 了解其活动的机制。有些生理实验, 在不损害人体健康的前提下, 可以而且必须尽可能地在人体上进行, 才能满足人体生理学的需要。但大多数生理实验, 对人体健康有害, 无法在人体上进行, 而必须在动物体上进行。因人体各器官、系统的结构与功能基本上和哺乳动物同类器官、系统的结构与功能相似, 所以用动物实验方法所获得的生理知识, 可以间接丰富人体生理学的内容。当然, 将哺乳动物生理学的知识应用到人体时, 必须考虑到人体的特点, 必须在人体上做验证的工作, 不能机械地搬用。

生理学的实验方法虽然多种多样, 但归纳起来不外急性实验和慢性实验两类:

1. 急性实验法 由于研究目的不同, 又可分为两类:

(1) 离体组织、器官实验法 把要研究的某一组织或器官从活着的或刚死去的动物体上

分离出来，放在一个能使它的生理机能保持一定时间的人工环境中，做为实验研究的对象。

(2) 活体解剖实验法 使动物处于麻醉状态下或破坏其大脑的条件下进行活体解剖，把要研究的器官暴露出来以便进行实验研究。

由于离体组织或器官和活体解剖实验过程时间较短，实验后动物一般死亡，所以称为急性实验法。此法的优点在于实验条件和研究对象较为简单和单纯，因此可以把问题分析得很细致，所以又有分析法之称。其缺点是实验是在脱离整体条件下，或者受到解剖或麻醉的影响下进行的，故所得实验结果常有一定的局限性。

2. 慢性实验法 是在完整正常动物体上对某一器官或某一生理现象进行的实验，例如在正常的狗身上研究胃液的分泌、研究其高级神经活动等。这种实验方法常需预先进行无菌外科手术，待手术创伤恢复后才能进行实验。

慢性实验法的优点在于研究对象处于正常状态下，所得实验结果较符合正常生理情况，可以用来研究整体动物的各种生理活动机制，所以又称为综合法。其缺点是应用范围常受限制，如许多生理学问题目前仍然无法找到合适的手术和方法加以解决。

由于急性实验和慢性实验各有其优缺点，所以有时把二者结合起来，以便对某一生理活动机制进行深入的探讨。

二、生理学的门类及与其他学科的关系

(一) 生理学的门类 由于数学、物理学、化学及生物学等自然科学的进展和工业技术的进步，以及生产实践和医学实践的推动，生理学的门类越分越细形成了许多分支。

1. 根据研究对象分类 根据研究对象不同将生理学分为许多门类：专以植物机能为对象者，称为植物生理学；专以动物机能为对象者，称为动物生理学；专以人体机能为对象者，称为人体生理学；不分动物、植物，而以生物之具有普遍意义的生命现象和原理为研究对象者（如生物膜、生物电等），称为普通生理学。动物生理学又可分为脊椎动物生理学与无脊椎动物生理学，前者可再分为哺乳动物生理学、鸟类生理学、鱼类生理学等；后者又可分为原生动物生理学、昆虫生理学等。

在动物生理学中，有专以比较动物进化过程中生理功能的演变者，即传统比较生理学的内容；有比较在不同生态环境条件下生理功能的变化者，即生态（环境）生理学的内容。近年来常将生态生理学的内容也列入比较生理学的范畴，即比较不同发育水平的动物以及在不同生活条件下的动物的生理功能的异同及其发展规律。

2. 根据研究水平的分类 如前所述，根据研究的水平生理学可分为细胞生理学、器官生理学及整体生理学。器官生理学又可分为神经肌肉生理学、中枢神经系统生理学、感觉器官生理学、血液循环生理学、呼吸生理学、消化生理学、代谢生理学、排泄生理学、内分泌生理学、生殖生理学等。

3. 根据应用于医学实践、生产实践等的分类 与医学有关者有医用生理学、病理生理学等；与人类特殊活动和环境有关者有运动生理学、劳动生理学、航空生理学、宇宙生理学、特殊环境生理学（如高山、潜水等）；与生产或人类经济生活有关者有工业生理学、家畜生理学、家禽生理学等。

(二) 生理学与其他学科的关系

1. 与普通生物学、解剖学、组织学和胚胎学的关系 生理学是生物学的一个分支,学习生理学必须在普通生物学知识的基础上进行。因生命活动过程是在具体的物质结构上进行的,所以功能和结构是互相密切联系的。结构是机能的物质基础,机能是物质的运动形式,因此,生理学与解剖学、组织学的关系至为密切。此外,从进化的观点看,机体的机能是逐渐演变、进化而完善起来的,所以胚胎学、比较解剖学等知识,对学习生理学也是十分必要的。

2. 与物理学、化学、数学的关系 生命活动归根结底也是一种物质运动的现象,是特殊物质运动的现象,脱离了物质的运动就没有生命。每一个生理活动过程都是以一定的物理学和化学过程为基础的,因此,如不了解物理学、化学、数学等一般基础知识,就难以更深入地理解生命活动现象。物理学、化学、数学等学科的进展也促进了生理学的发展,从而产生了生物化学、生物物理学、生物数学等许多边缘学科。

3. 与医学的关系 生理学是医学的基础。生理学一开始就是由于医学上的需要而产生和发展起来的。不了解人体正常生命活动就无法了解疾病时的生命活动,更谈不上如何防治疾病和促进健康。

4. 与教育学、心理学、体育的关系 生理学是教育学、心理学、体育等学科的自然科学基础。

作为科学的教育学不能不以生理学为依据,也不能不考虑到与学生的身体、年龄生理特点有关的许多问题。对于科学地制定学生学习活动的制度,对于科学地提出对学生、学校环境、教育过程的公共卫生要求,对于增强学生的身心健康,提高他们的工作能力和减少疲劳,生理学的知识是必需的,因此每一个教师都必须具有这方面的生理学知识。

由于中枢神经系统生理学研究的进展,许多神经系统的高级机能,如学习、记忆、联想、情绪、行为等,已成为生理学与心理学研究的交汇点,形成心理生理这一边缘学科。

运动生理学对体育与运动的指导意义自不待言。

由于生理学与教育学、心理学和学校卫生学等学科的基础理论密切相关,所以成为师范教育整个体系的重要环节。

5. 其它 如畜牧兽医、渔业生产、养蚕、养蜂等生产实践,也都需要动物生理学方面的知识,形成专门的分支学科,如家畜生理学、鱼类生理学等。

三、生命现象的基本生理特征及生理机能的调节

(一) 生命现象的基本生理特性 新陈代谢、兴奋性、适应性、生长和生殖是生命现象的基本生理特征。此处着重讨论新陈代谢、兴奋性与适应性。

1. 新陈代谢 (metabolism) 新陈代谢是指机体主动地与环境进行物质和能量交换的过程,同时体内物质和能量也在进行转变。新陈代谢过程包括两个基本方面:一方面把从外界环境摄入体内的营养物质综合成自身的物质,或暂时贮存起来,称为同化作用(或组成代谢);另一方面是将组成自身的物质或贮存于体内的物质分解,并把分解后的尾产废物排出体外,称为异化作用(或分解代谢)。在进行同化作用时要吸收能量,在进行异化作用时要释放能量。后者所释放的能量,除一部分用于同化作用外,其余的供应机体各种生命活动的需要

及产生热量。因此，新陈代谢又可分为物质代谢与能量代谢两个方面，二者密切联系，物质的变化必定伴有能量的转移。

新陈代谢是生命的最基本特征，新陈代谢一旦停止，生命也就停止。不同的机体，以及同一机体在不同的情况下，其代谢过程都各有特点，必须分别加以研究。

2. 兴奋性 (excitability) 一切活组织或细胞当其周围环境条件迅速改变时，有发生反应 (response) 的能力或特性，称为兴奋性或应激性 (感应性, irritability)。这种引起反应的环境条件的迅速变化称为刺激 (stimulus)。兴奋性比应激性的概念要窄一些。对于神经和肌肉这些对刺激发生兴奋反应的组织，兴奋性和应激性二词可以互用。兴奋性是比较更为通用的术语。

活组织在接受刺激而发生反应时，其表现可以有两种形式：一种是由相对静止状态转变为显著活动状态，或由活动弱变为活动强，称为兴奋 (excitation)；另一种是由显著活动状态转变为相对静止状态，或由活动强变为活动弱，称为抑制 (inhibition)。兴奋和抑制是生理学上一对重要的概念。兴奋和抑制是相互联系、相互制约的，它们都是活组织具有兴奋性的表现。

3. 适应性 (adaptation) 当环境发生改变时，机体或其部分组织的机能与结构也将在某种限度内随着发生相应的改变；以求与所在环境保持动力平衡，机体的这种能力称为适应性。动物越高等，适应性越强。到了人类，不仅能适应环境，而且能改造环境。长期适应的结果是进化。所以在进化过程中，机能的分化与专门化是机体对外界环境长期适应的结果。

4. 生长 (growth) 与生殖 (reproduction) 生长、生殖是新陈代谢的具体表现。生长是个体组成代谢超过了分解代谢的结果。生殖是个体生长达到一定限度时可形成另一新个体的过程。

(二) 生理机能的调节 (regulation) 机体内各器官、系统各自进行着各种生理机能活动，而机体内、外环境又经常处于变动之中，因此机体内必须具有一整套精确的调节机构，用以不断地调节体内各器官、系统的活动，使它们相互密切协调配合，使机体形成一个统一的整体；同时也要不断地调节机体的各种机能活动，以便与内、外环境的变化相适应。机体的这种调节作用主要是通过神经调节与体液调节两种方式进行的。

1. 神经调节 (nervous regulation) 通过神经系统而实现的调节机制，不仅使机体内部分部联系起来，而且使机体与其外部环境联系起来。神经调节主要是通过反射 (reflex) 来实现的。反射就是指在中枢神经系统参与下，机体对内、外环境刺激所发生的反应。反射的结构基础称为反射弧 (reflex arc)。反射弧包括感受器、传入神经、神经中枢、传出神经和效应器五个部分。感受器是接受刺激的结构；效应器是产生反应的结构；神经中枢位于中枢神经系统 (脑和脊髓) 内；传入神经和传出神经为将感受器和效应器与神经中枢联系起来的通路。

2. 体液调节 (humoral regulation) 机体的某些细胞能产生某些特异性化学物质 [如内分泌腺 (endocrine gland) 细胞所分泌的激素 (hormone)]，通过血液循环输送到全身各处，对某些特定的组织起作用，以调节机体的新陈代谢、生长、发育、生殖等机能活动，这

种调节称为体液调节。此外，组织细胞的一些代谢产物在组织中含量增加时，能引起局部的血管舒张，使局部血流量增加，从而使积蓄的代谢产物能较迅速地被运走，这可称为局部体液因素调节。

上面所述两种调节，各具有其重要性和特点：神经调节的特点是迅速而精确，作用部位较局限，持续时间较短；体液调节的特点是出现缓慢，作用部位较广泛，持续时间较长。

从系统发生上看，体液调节出现较早。单细胞动物和无神经系统的低等动物只有体液调节。多细胞动物在进化过程中，神经系统的结构和机能才逐渐完善而发挥调节作用，同时内分泌腺的结构和机能也更加复杂，使体液调节也更加完善。在人和大多数高等动物具有神经调节和体液调节两种机制，二者相辅相成，共同完成机体机能调节的任务。大多数内分泌腺也直接或间接受中枢神经系统的控制，从而使体液调节成为神经调节的一环，相当于反射弧上传出道路上的一个延续部分，这种情况称为神经-体液调节。因此，可以认为，神经调节是机体最主要的调节方式，处于主导地位。

机体的许多控制和调节作用都表现反馈和自动调节现象，这对于保证生理机能的稳定性和精确性是十分重要的。

“反馈”是借自工程技术自动控制理论上的术语。由控制部分（中枢）发出的信息可改变受控部分（效应器）的状态，而受控部分反过来又发出信息，把接受控制的状态结果不断地报告给控制中枢，使控制中枢得以参照实际情况不断纠正和调整发出的信息，以达到对受控部分精确的调节。这种由受控部分送回到控制中枢的信息，称为“反馈”（feedback）信息，这种调节方式称为反馈调节。如果反馈信息可使控制中枢的原始信息减弱，称为负反馈；如果可使控制中枢的原始信息加强，则称为正反馈。在生理机能调节中反馈的作用多数属于负反馈型式。

自动调节意味着生理过程自己调节自己。反馈调节就是自动调节的一种型式，这在以后各章节中将详细叙述。

北京师大 王 玢

参 考 文 献

1. 赵以炳、陈守良：关于改进理科生理学基础课的建议，生理科学进展，11:86—87，1980。
2. 赵以炳：生理学发展的动向，生物学通报，第一期，35—38，1981。

第二章 神经肌肉组织的一般生理

神经肌肉组织的一般生理主要是指运动神经纤维及其所支配的骨骼肌细胞的生理机能。剥制一个神经-肌肉标本 (nerve-muscle preparation), 例如蛙的坐骨神经-腓肠肌标本, 用足够强的电流施加于神经, 肌肉几乎立即出现收缩。这一简单的实验现象, 包含了本章所要分别讨论的兴奋、传导、传递、收缩等一系列机体最基本的生理过程。本章的学习, 对于进一步讨论其他各种组织和器官乃至整个机体生命活动的现象和规律具有普遍性的意义。

第一节 神经和肌肉的兴奋性

一、刺激和反应

在上述实验里, 神经-肌肉标本被置于一定的环境条件下, 施加于神经干一端的电流, 是环境条件中的一个变化因子, 其作用的结果是肌肉由静息状态转变为收缩状态。生理学上将凡能引起机体 (细胞、组织、器官或整体) 的活动状态发生变化的任何环境变化因子, 都称作刺激, 电流的作用是一种刺激。由刺激而引起的机体活动状态的改变, 都称为反应, 肌肉的收缩为一种反应。在上述实验条件下, 电刺激是直接施加在神经上的, 因此该电刺激属于神经的直接刺激 (direct stimulus); 肌肉收缩显然是由于刺激神经而间接引起的, 因此这一刺激对于肌肉来说是一种间接刺激 (indirect stimulus)。肌肉收缩也可由直接刺激引起。例如, 当神经纤维因某种原因而变性, 或当肌肉被用箭毒 (curare) 处理过以后, 肌肉对间接刺激没有反应, 但在直接刺激的作用下, 仍可产生收缩, 这表明神经和肌肉各自能独立地对刺激起反应。

二、兴奋和兴奋性

活组织对刺激的反应, 根据其速度不同, 可区分为两种类型: 一种是快反应, 如神经和肌肉, 由刺激开始至反应出现, 历时是以毫秒来计量的; 另一种是慢反应, 如骨髓造血组织, 在一定的刺激作用下有加速红细胞生成的反应, 但这是相当缓慢的过程。

为什么刺激能引起反应呢? 可以设想, 在神经-肌肉标本上, 电刺激神经, 能使神经纤维产生一种快速的、可传导的变化, 后者作为一种信息 (message), 又被快速地传送到肌肉内部, 于是引起肌肉收缩。大量的实验研究证明, 这种快速的、可传导的变化是一种生物电的变化, 称为冲动 (impulse)。神经和肌肉可分别产生神经冲动、肌肉冲动。生理学把活组织因刺激而产生冲动的反应称为兴奋 (excitation), 相应地, 凡能产生冲动的活组织称为可兴奋组织 (excitable tissue)。可兴奋组织具有发生兴奋即产生冲动的能力, 称为兴奋性 (excitability)。

兴奋和兴奋性是生理学上的重要概念。兴奋是兴奋性的表现, 兴奋性则是兴奋的前提。

三、引起兴奋的主要条件

兴奋的引起，一方面取决于组织本身的机能状态，另一方面取决于刺激的特征。

(一) 组织的机能状态 兴奋性的维持和兴奋的引起，依赖于可兴奋组织的新陈代谢。机体各部分组织总是经常不断地受到体内外各种环境变化因子的刺激，并总是经常不断地发生相互影响、相互作用的。即使是同一组织，其机能状态也经常不断地在发生变化。活组织是在一定的机能状态下对刺激起反应的，因此，活组织在接受刺激而发生反应时，既可表现为兴奋状态，也可表现为抑制状态。

(二) 刺激的特征 刺激的种类很多，如机械的、温度的、化学的和电的刺激，均可引起可兴奋组织兴奋。所有这些刺激都具有强度和时间两方面的特征。刺激参数即是这两方面特征的数量表示。例如电刺激参数包括波形(强度随时间变化的特性)、波幅(强度)、波宽(一次刺激的持续时间)、频率(单位时间内的刺激次数)等。严格说来，电刺激并不是生理性刺激，但因其强度和时间易于精确控制，在一定的参数范围内可多次重复而不会损伤组织，所以在生理学实验研究中被广泛采用。

欲引起组织兴奋，必须使刺激达到一定的强度并维持一定的时间。每一个具有一定持续时间的刺激，都必须达到一定的强度水平，才能引起组织兴奋。刚能引起组织兴奋的刺激强度称为阈强度(threshold intensity)。达到这一临界强度的刺激才是有效刺激，称为阈刺激(threshold stimulus)。高于阈强度的刺激当然也是有效的，称为阈上刺激(suprathreshold stimulus)。低于阈强度的刺激则不能引起兴奋，称为阈下刺激(subthreshold stimulus)。在一定的刺激强度下，刺激的持续时间愈短，则作用愈弱，以至不能引起兴奋。例如临床上的高频电热治疗，刺激强度可高达10安倍，但因其刺激频率高达 10^6 次/秒以上，持续时间极短，所以通过人体时，只有产热现象。而在适宜情况下，2微安的电流即可使蛙的神经兴奋。

组织的兴奋除分别要求有一定的刺激强度和持续时间外，还要求有一定的强度变率，即强度随时间而改变的速率。同样强度的刺激，如果其强度是急剧上升的，就容易引起组织兴奋；相反，如果其强度是缓慢上升的，则可能不引起组织兴奋。

应用短暂的直流电刺激神经时，通常仅在通电和断电时各引起一次兴奋，通电时兴奋发生在阴极部位，断电时兴奋在阳极部位，这一现象称为电刺激的极性法则(law of polarity)。如在两刺激电极之间结扎神经，以阻断神经冲动的传导，就能观察到这种现象。如果阴极靠近肌肉，则通电时出现收缩；如果阳极靠近肌肉，则断电时出现收缩。极性法则表明电刺激对组织的兴奋作用与它所引起的外向电流有关(参见第四节)。

四、强度-时间曲线

为了进一步分析刺激的特征及其与组织兴奋的关系，可用不同参数的单个矩形电脉冲刺激神经-肌肉标本的神经，以刚能引起肌肉收缩的刺激作为兴奋的指标进行测试。先固定电脉冲的波宽，找到所需要的阈强度；再改用另一波宽，进行同样的测试；依此类推，找出不同波宽条件下的阈强度。将这一系列的数据标在以横坐标为波宽、纵坐标为强度的坐标上，即得一近似的等边双曲线(图2-1)，称为强度-时间曲线(strength-duration curve)。

由图2-1可见，曲线的右端自R点再向右延伸，实际上已和横坐标平行，这意味着当刺激

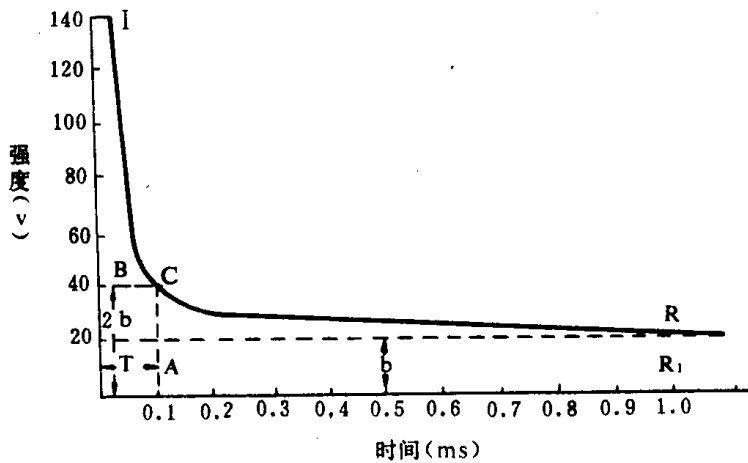


图 2-1 强度-时间曲线

b. 基强度; T. 时值, 即在 2 倍基强度的作用下, 刚能引起组织反应所需的最短刺激持续时间

增强刺激强度, 降低刺激强度则必须延长刺激时间。因此, 强度-时间曲线实际上就是阈值曲线。

强度-时间曲线揭示了组织兴奋的普遍规律。人体和动物的各种可兴奋组织都可绘制出类似的曲线, 并可用来比较它们在不同条件下兴奋性的差异。

五、兴奋性的指标

强度-时间曲线无疑可以全面地反映组织的兴奋性。但是, 要在每一场合下, 特别是当兴奋性发生迅速变化时进行测定, 实际上是有困难的。因此, 通常选择曲线上的一点作为衡量兴奋性的指标。常用的指标有两种: 阈强度和时值。

(一) 阈强度 测定阈强度的方法是固定一适中的刺激作用时间, 由低到高逐渐增加刺激强度, 测得刚能引起反应所需的最低强度。阈强度愈低, 意味着组织愈容易被兴奋, 即兴奋性愈高。反之, 阈强度愈高, 则兴奋性愈低。

(二) 时值 当刺激强度为基强度的 2 倍时, 刚能引起反应所需的最短刺激持续时间为时值 (chronaxy)。测定方法是先用持续时间较长的刺激求得基强度, 然后将刺激强度固定为 $2 \times$ 基强度, 再改变刺激作用时间, 测得刚能引起反应所需要的最短时间, 即为时值。为什么刺激强度要固定为 2 倍基强度呢? 由图 2-1 可见, 通过纵坐标上 2 倍基强度的 B 点作一条横坐标的平行线, 恰好相交于强度-时间曲线的接点 C, 此处曲线的斜率较小, 由 C 向下作垂直线与横坐标的交点正是时值, 可见测定误差最小。与阈强度类同, 时值小表示兴奋性高, 时值大表示兴奋性低。

六、兴奋性的变化

组织的兴奋性经常发生变化, 其中重要的表现之一是无无论是否导致兴奋, 在一次刺激后的短暂时间内, 兴奋性均有改变, 从而影响第二次刺激的效应, 这可以用条件-测试法测知。先用一条条件刺激 (conditioning stimulus) 作用于组织, 再用测试刺激 (test stimulus) 测

持续时间超过一定的限度时, 时间因素不再影响强度阈值, 或者说, 存在一最低的或最基本的阈强度, 称为基强度 (rheobase)。无论刺激的持续时间多长, 低于基强度的刺激一律无效。如将曲线自 I 端继续向上延伸, 则将成为纵坐标的平行线, 这意味着存在一个基本的时间阈值, 无论刺激强度如何加大, 低于此基本时间阈值的刺激也一律无效。而在 I、R 两极之间的曲线上的任何一点, 都代表一个阈刺激, 它包含着密切相关的强度和时间两方面的特征, 缩短刺激时间则必须