

高等学校试用教材

生理学实验

中山大学 中国科技大学

北京师范大学 南开大学 合编

复旦大学

高等教育出版社

高等学校试用教材

生理学实验

主编 王 中 中国农业大学

副主编 孔 祥 刘 明 王 中 曹 颖

人民卫生出版社

（北京）

高等学校试用教材

生 理 学 实 验

中 山 大 学 中国科技大学
北京师范大学 南 开 大 学 合编
复 旦 大 学

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是根据 1977 年 10 月于成都召开的高等学校生物类教材编写会议所拟定的《生理学实验》大纲编写的。

内容包括生理学实验的主要仪器与一般操作方法、肌肉与神经、中枢神经系统、感官、血液、循环、呼吸、消化、代谢、泌尿、内分泌及生殖等八十五个实验。

本书所选实验内容超过教材大纲规定的学时(90—100 学时)，便于各校生物系根据不同专业设置与仪器设备，选择采用。

高等学校试用教材
生 理 学 实 验
中山大学、中国科技大学
北京师范大学、南开大学 合编
复旦大学

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
河北香河县印刷厂印刷

开本 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张 6.75 字数 163,000

1979 年 5 月第 1 版 1986 年 4 月第 7 次印刷

印数 46,211—58,410

书号 14010·032 定价 0.75 元

前 言

本书是根据 1977 年 10 月于成都召开的全国高等学校生物类教材编写会议拟定的《生理学实验》大纲编写的，共选取了八十五个实验。选材时既考虑基本理论的验证与基本技术操作能力的培养，也尽量注意反映当代生理学新技术。所选实验内容略超过教学大纲规定的学时数(90—100 学时)，这是为了便于各校生物系根据不同专业设置与仪器设备，选择采用。

参加编写的人员为：复旦大学王伯扬、蔡南山、吴宜寿、吴震荣、张瑞生(第一至三章及附录)；中国科技大学孙玉温(第四章)；北京师范大学王玢(第五及七章)；南开大学解景田、赵静、马祖礼(第六章)；中山大学陈式穆、谢申玲、李钦章(第八、九章)。由中山大学陈式穆、谢申玲、李钦章统稿。

1979 年 2 月于北京召开《生理学实验》审稿会。参加会议的单位为北京大学、复旦大学、中山大学、北京师范大学、南开大学、中国科技大学、南京大学、云南大学、兰州大学、武汉大学、上海师范大学、吉林师范大学、北京师范学院。本书可作为高等院校生物系生理学实验试用教材。

对本书中的错误及不足之处，欢迎各校师生批评指正，以便订正。

中山大学

一九七九年三月

目 录

第一章 生理学实验的主要仪器与一般操作方法	1
第一节 主要仪器	1
一、刺激器与电极	1
(一) 感应电刺激器 (二) 电子刺激器 (三) 其他刺激装置 (四)	
刺激电极(金属电极、乏极化电极) (五) 引导电极(甘汞电极、	
玻璃微电极)	
二、机械描记法常用仪器	5
(一) 记纹鼓: 记纹鼓的结构和用法(弹簧记纹鼓、电动记纹鼓、双鼓记	
纹鼓)记纹鼓记录的处理	
(二) 传动装置: 描记气鼓(马利氏气鼓)检压计、描记杠杆、记滴器	
(三) 记时器与电磁标: 音叉 节拍器 电记时器 萨克记时器 电磁	
标	
三、电生理方法常用仪器	9
(一) 观察描记仪器: 动圈式悬镜电流计 电位差计 示波器 放大	
器 阴极跟踪器 示波器照像机	
(二) 换能装置: 压电换能器 电感式换能器 电阻式换能器 电容式	
换能器 光电换能器 声电换能器 温电换能器	
(三) 记时方法	
(四) 整套的电生理记录仪	
四、常用手术器械及其用法	18
(一) 手术刀 (二) 手术剪(外科剪) (三) 手术镊 (四) 血管钳	
(止血钳) (五) 持针钳(持针器) (六) 拉勾(牵引勾)与扩张器	
(扩创器) (七) 缝针(缝合针) (八) 巾钳 (九) 骨钳 (十)	
胃钳	
第二节 一般操作方法	23
一、生理学实验方法概述	23
二、动物的准备	24

三、动物的固定	24
四、动物的麻醉	25
(一) 常用麻醉药的种类 (二) 给药途径和剂量 (三) 麻醉急救方法	
五、急性动物实验的基本操作技术	27
(一) 手术切口与止血方法 (二) 肌肉、神经与血管的分离 (三) 气管切开术 (四) 破坏蛙类脑与脊髓的方法 (五) 哺乳动物开颅术 (六) 哺乳动物处死法	
六、慢性动物实验的基本操作技术	31
(一) 无菌操作 (二) 切口缝合 (三) 手术结	
第二章 肌肉与神经	38
实验 1 坐骨神经-腓肠肌标本的制备	38
实验 2 骨骼肌单收缩的分析	40
实验 3 骨骼肌收缩的总和	42
实验 4 不完全强直收缩和完全强直收缩	43
实验 5 肌肉的阈收缩、阈上收缩与最大收缩	44
实验 6 荷重、初长与肌肉收缩的关系	45
实验 7 神经纤维的膜电位与 K^+ 浓度的关系	46
实验 8 神经动作电位的观察	49
实验 9 刺激强度与刺激时间的关系	51
实验 10 神经冲动传导速度的测定	53
实验 11 坐骨神经不应期的测定	54
实验 12 单肌纤维的动作电位	56
实验 13 终板电位	60
第三章 中枢神经系统	63
实验 14 反射弧的分析	63
实验 15 脊髓背根和腹根的机能	64
实验 16 反射时的测定	65
实验 17 脊髓反射的感受野	66
实验 18 谢切诺夫抑制和脊髓反射的外周抑制	67
实验 19 交互抑制	68

实验 20	中枢兴奋的总和与后放	69
实验 21	小白鼠脊髓半横切术与结果观察	70
实验 22	临床检验常用的人体反射的观察	71
实验 23	去大脑僵直	73
实验 24	毁蛙脑不同部位的观察	74
实验 25	毁小白鼠小脑的观察	76
实验 26	大脑皮层运动区的刺激效应	77
实验 27	大脑皮层的诱发电位	78
实验 28	人体脑电的观察	79
实验 29	神经元的单位放电	83
实验 30	小动物电防御性运动条件反射的建立	86
第四章	神经系统的感觉机能与感官	90
实验 31	视觉调节反射与瞳孔对光反射	90
实验 32	视力的测定	91
实验 33	视野的测定	92
实验 34	盲点的测定	94
实验 35	色盲的测定	95
实验 36	视网膜电图	95
实验 37	听觉的测验	97
实验 38	声音的传导途径	98
实验 39	豚鼠耳蜗电位的引导	98
实验 40	动物(蟾蜍、鸽子、豚鼠)一侧迷路破坏的效应	100
实验 41	蟾蜍皮肤感受器传入冲动的观察	102
实验 42	肌梭传入冲动的观察	103
第五章	血液	106
实验 43	人体红细胞与白细胞的计数	106
实验 44	血涂片的制作和白细胞的分类	111
实验 45	人体血红蛋白含量的测定	114
实验 46	红细胞渗透脆性的测定	116
实验 47	出血时间、凝血时间与血块回缩时间的测定	117

实验 48	血小板计数	119
实验 49	红细胞沉降率的测定	119
实验 50	血型鉴定与血液交叉配合法	121
第六章	循环	124
实验 51	蟾蜍心搏过程的观察与描记	124
实验 52	蟾蜍心室的期外收缩与代偿间歇	127
实验 53	心肌细胞动作电位的测定	128
实验 54	蟾蜍离体心脏灌流	130
实验 55	蟾蜍心脏的神经支配	134
实验 56	家兔动脉血压的测定及其影响因素	136
实验 57	减压神经传入冲动的引导	141
实验 58	电刺激脑干不同区域的血压反应	143
实验 59	蟾蜍肠系膜血液循环的观察	144
实验 60	蟾蜍下肢血管灌流	146
实验 61	家兔中心静脉压的测定	148
实验 62	人体动脉血压的测定	149
实验 63	心音听诊	152
实验 64	哺乳动物冠状静脉窦血流量的测定	154
实验 65	心电图的描记	157
实验 66	人体脑血流图的描记	159
第七章	呼吸	165
实验 67	人体呼吸运动的观察和描记	165
实验 68	肺通气功能的测定	166
实验 69	呼吸气体的分析	170
实验 70	呼吸运动的调节	173
实验 71	呼吸中枢的定位	176
第八章	消化、代谢及泌尿	177
实验 72	离体小肠平滑肌的生理特性	177
实验 73	神经系统对胃肠运动的影响	179
实验 74	影响唾液分泌的若干因素	180

实验 75	基础代谢的测定	182
实验 76	刺激支配膀胱的神经引起的膀胱反应	186
实验 77	影响尿生成的若干因素	187
第九章	内分泌及生殖	189
实验 78	人血清甲状腺素(T_4)含量的测定	189
实验 79	摘除甲状旁腺对机体的影响	191
实验 80	胰岛素休克	193
实验 81	切除脑下垂体对蟾蜍皮肤颜色的影响	193
实验 82	切除卵巢及注射雌激素对小白鼠动情周期的影响	194
实验 83	放射免疫法测定血清中的肾上腺皮质激素	196
实验 84	摘除小白鼠肾上腺的影响	200
实验 85	妊娠试验	200
附 录		202
一、生理实验几种常用药品简介		202
二、常用生理溶液成分表		203
三、实验动物的取血方法与取血量		203
四、实验动物及人的主要生理常数		204
五、蓄电池的充电和保养法		206
六、乏极化电极制备法		207
七、描记笔尖制作法		208
八、水银清洗法		208

第一章 生理学实验的主要仪器 与一般操作方法

第一节 主要仪器

在研究人体或动物的生理活动时,需要应用许多特殊的仪器,这里所讲的是主要的生理仪器。

研究生理活动所用的仪器有:产生某种特定的刺激,使活组织能产生生理反应的刺激器;描记生理反应的记录仪器;使生理反应传送到记录仪器上的传动装置;将非电性质的生理反应转换成电能,使能应用电子仪器进行记录的换能装置;标记生理反应时间过程的记时器;刺激或记录用的电极,以及手术器械等。分述于下:

一、刺激器与电极

能使活组织产生反应的刺激因素很多,如光、声、电、热、机械、化学等。目前应用最多的是电刺激,因为它不易损伤活组织,并且可以进行重复试验,容易控制刺激的强度、时间等参数。当需要进行非电性质的刺激(如光、声刺激)时,可以将电信号转换成光、声等,而且同样能够调节刺激参数。下面介绍的是常用的电刺激器。

(一) 感应电刺激器 感应电刺激器由两个线圈组成。一个线圈直接连接于直流电源,称原线圈。另一个套在外面,称副线圈(图 1-1)。当原线圈通电或断电时,副线圈即出现瞬刻的感应电流。在原线圈中还有一个铁芯,用以增强磁力线;在有的感应电刺激器上,可以将铁芯除去,以减弱所产生的感应电流。当原线圈的电流通过断续器而忽通忽断时,副线圈就产生连续的感应电流。

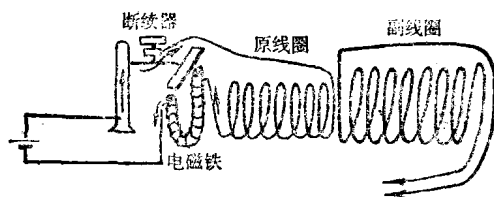


图 1-1 感应电刺激器的结构(模式图)

改变原线圈与副线圈之间的距离，或调节两者之间的角度，可改变刺激强度。感应电流变化的波形，如图 1-2 A 所示。

(二) 电子刺激器 随着电子工业的发展，愈来愈多地采用电子刺激器来代替感应电刺激器进行生理实验。这是一种能产生一定波形的电脉冲仪。多数产生的波形是方波(图 1-2 B)。方波的上升支与下降支理论上都是垂直的。在通电期间，电压维持在同一水平上。用作单刺激时，可以调节方波的振幅(电压强度)、波宽；用作连续刺激时，除调节方波的振幅与波宽外，还可调节频率；有的还能调节“串长”，即一连产生数个脉冲，然后自动停止。

电子刺激器除能调节刺激参数之外，为了配合示波器使用，一般还有两个装置：一是“同步输出”，使用时，使它与示波器的“同步输入”相连接，以便使刺激器发出刺激脉冲时，同时触发示波器进行扫描，这样才能使生物电变化呈现在荧光屏的一定位置上；另一个是“时迟”，即在按动刺激器的开关后，立即触发示波器产生扫描，但稍“迟”一定时间后，再输出刺激脉冲。这样，可以使生物电反应出现在荧光屏的较中央处，而不是在扫描开始处。

在电子刺激器的输出端，常常应用一个变压器，或称隔离变压

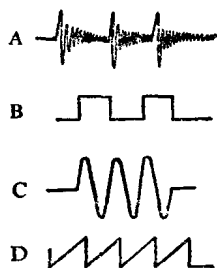


图 1-2 常见的几种电刺激波形

A. 感应电 B. 方波
C. 正弦波 D. 锯齿形波

器，用来将刺激与地隔离。当同时应用几对刺激电极而又不能直接相联时，也常用变压器隔离。但在这种情况下，脉冲的波形(如方波)将出现畸变，因变压器会成为一个微分线圈，并且线圈之间和同一线圈的各圈线之间的电容，也会影响波形。

(三) 其他刺激装置 除上述两种刺激器之外，在生理实验中，也常用下列几种简单的刺激装置。

1. 铜锌片(Calvani镊子) 是由铜片和锌片做镊子的两臂，用锡在一头焊接而成(图1-3)。在应用时，镊子的两臂成了短路的、原始的Volta电池的两个电极，被刺激的组织作为电解质。在解剖标本时，常用它来刺激神经以判断神经的哪一个分支通到哪块肌肉。

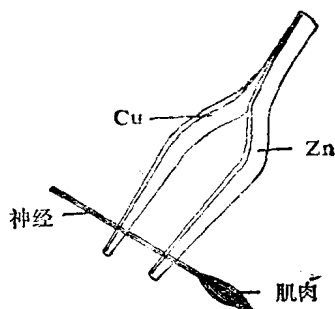


图 1-3 Calvani 镊子

2. 直流电刺激 生理实验室中常有直流电电源(如干电池或蓄電池)，有时用来作为仪器的电源，有时也可直接用来作为刺激(定电流刺激)。应用的方法是将一只开关与一只电位器串接在一起，调节电位器，可以改变电压，供刺激用。它形成的刺激波是波宽很宽(决定于通、断电之间的时间)的方波。

3. 电麻仪 也称治疗仪，是目前临床上针刺治疗或镇痛过程中，用来代替捻转毫针而设计的一种电子仪器。它的结构简单，利用直流电(干电池)或交流电，经过晶体管线路，输出一串波形恒定的电脉冲，供连续刺激用。其强度与频率可以调节，体积小，使用简便，但不能产生单个刺激，也无法控制波宽与时迟等因素。

(四) 刺激电极

1. 金属电极 常用的刺激电极是用金属丝制成的，最好用银丝，也有用白金丝、不锈钢丝(不锈钢针灸针)或钨丝制成的，但不

宜用铜丝。刺激电极,有各种形式,如普通电极、保护电极、闭锁电极等(图 1-4)。

2. 乏极化电极 用金属丝直接接触生物组织进行刺激,会产生极化作用。因此利用乏极化电极可避免产生极化作用。最常用的是氯化银电极。

利用氯化银电极作刺激电极时,其接触形式是:金属导线——银——氯化银——氯化钠——生物体。氯化银电极是由银丝(或银片)镀氯化银而成,制备方法见附录。

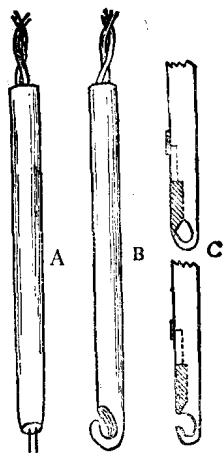


图 1-4 刺激电极
A. 普通电极 B. 保护电极 C. 闭锁电极(上图表示闭锁时的情形)

(五) 引导电极 引导电极用于引导生物电流。金属电极与氯化银电极,也可用于引导生物电,但在电生理实验中,往往还应用其他类型的电极。最常用的有以下几种。

1. 甘汞电极 这是一种比氯化银电极更稳定的乏极化电极。当引导生物体内的直流电成份时,常应用这种电极。它的接触形式是:金属导线——水银——甘汞(Hg_2Cl_2)——(氯化钾)——氯化钠——生物体。

为适应实验的需要,常需自己制作各种形状的甘汞电极。但制作过程较复杂,要求较高,因此也常用市售甘汞电极。

2. 玻璃微电极 测量单细胞电活动时用的玻璃微电极,是用硬质玻璃管所制成,尖端直径在 1 微米以内,里面灌有氯化钾溶液。它的电阻很大,制作、保存与使用都必需具有专门的技术。除观察单细胞活动时必需应用它外,在作一般生物电引导时,并不采用这种电极。

也有用金属做成的微电极,它的电阻比玻璃微电极小,但不如玻璃微电极应用普遍。

二、机械描记法常用仪器

目前记录生理活动的方法有两大类：一类是机械描记法，另一类是电子仪器描记法。机械描记法就是将生理活动通过传动装置描记在记纹鼓上的方法。

(一) 记纹鼓

1. 记纹鼓的结构和用法 记纹鼓是由一个圆筒形的圆鼓及驱使它转动的动力装置所组成。使用的动力有两类：一类是应用弹簧作动力，称弹簧记纹鼓；另一类是用电动机作动力，称电动记纹鼓。

(1) 弹簧记纹鼓 弹簧记纹鼓的部件，一部分用于慢转，一部分用于快转(图 1-5)。慢转是利用弹簧(或称发条)的力量推动一系列齿轮，带动圆鼓转动。用附加大小不同的扇片来调节鼓速。此外，机身上另有换档钮子，上提旋转后，即可调换齿轮而大大增加鼓转速度。

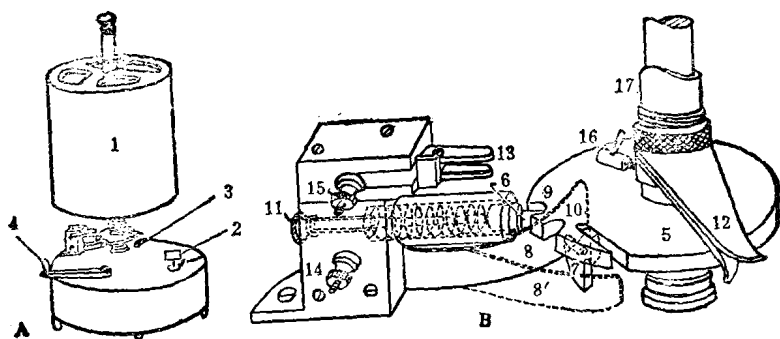


图 1-5 弹簧记纹鼓及其快转附件

A. 慢转部分 B. 快转附件

1. 圆鼓 2. 扇片 3. 钮子 4. 发条把手 5. 扁圆盘 6. 擒纵梢 7. 引发梢 8. 8'. 弹簧片 9. 10. 扁圆盘缺口 11. 擒纵梢捏手 12. 活动铜叉 13. 活动铜片 14. 15. 接线柱 16. 螺钉 17. 轴管

快转部分包括推动和被推动两部分：推动部分装在记纹鼓的机身上，被推动部分装在鼓轴上。用法如下：

扁圆盘的高度与擒纵梢齐平，(螺钉及圆鼓应拧紧在轴管上)，拉退擒纵梢，用引发梢压紧弹簧片由8至8'处，擒纵梢再嵌入扁圆盘缺口中，将擒纵梢捏手一拉，并立即放手，弹簧片的弹力便把扁圆盘弹动急转。转动一周后，擒纵梢又自动嵌入扁圆盘缺口而停止圆鼓转动。扁圆盘每转一周，它上面的两片活动铜叉可和活动铜片作一次或二次的接触。将电源串联至扁圆盘及擒纵梢的接线柱上，当活动铜叉与活动铜片接触时，电路即可接通。不用快转部件时，只需将扁圆盘部分稍为提高固定，便可用于慢转。

(2) 电动记纹鼓 电动记纹鼓的最大优点在于走速均匀。

(3) 双鼓记纹鼓 当需要作较长时间的实验记录时，单个圆鼓上的纸作描记是不够的，因此需用双鼓记纹鼓。

双鼓记纹鼓与单鼓记纹鼓基本构造相同，不同的是多一个能转动的圆鼓，当有记纹纸相连时，能随有动力装置的圆鼓而转动。两鼓间的距离可根据记录纸的长短而调节。

一般的双鼓弹簧记纹鼓可除去伸长架，作为单鼓记纹鼓使用。但单鼓与双鼓电动记纹鼓往往是分别设计制造的。

2. 记纹鼓记录的处理 记纹鼓上用的记录纸——记纹纸，是光滑的白纸(如铜版纸或上等道林纸)。在记纹纸上描记的方法有两种：一种是用墨水笔尖直接描划，但此法只适用于描记力量较强、速度较慢(如肠平滑肌的收缩运动等)的生理活动；另一种是将圆鼓上的记纹纸熏烟后，通过笔尖画出线条。这一方法，可以记录力量微弱，变化速度较快的生理活动(如肌肉单收缩等)。

熏烟的方法是：根据圆鼓的大小切好记纹纸，围绕圆鼓一周，将对口粘牢，把它放到熏烟器上，下面点煤油灯，然后将鼓慢慢转动，使纸熏成均匀的浅黑色(不宜太厚)。双鼓用的长记纹纸，须按两鼓间的距离裁好一定长度，将对口粘牢，挂在熏烟架上熏烟。

实验记录后的烟纸，经注字后，应用固定剂固定，然后挂起晾干。

常用的固定剂有两种：一种是 10—15% 的松香酒精液（100—150 克松香粉溶在 1,000 毫升的 95% 酒精中）；另一种是虫胶酒精饱和液（用虫胶溶于 95% 酒精中）。固定剂使用后，应立即放回原瓶，以免蒸发。

（二）传动装置 生理活动的形式是多样的，这些活动都必须经过不同形式的传动装置才能描记在记纹鼓上。常用的有以下几种：

1. 描记气鼓(马利氏气鼓) 可用于记录器官容积变化，如手指血管容积描记、呼吸时胸廓变化。它是个带侧管的金属扁圆盘，上覆橡皮膜，侧管连接的密闭空气系统的压力改变时，可使橡皮膜起伏，从而推动膜上装置的杠杆，通过描笔即能加以记录。

2. 检压计 是研究血管内的压力变化、胸膜腔内的压力变化等所用的仪器。它是一“U”形玻璃管，内盛水银或水。在“U”形管一端的水银面上加一浮标，当另一端所连接的液体系统的压力改变时，浮标即上下移动，通过浮标上装置的描笔在圆鼓上作记录，亦可从检压计上的刻度读出压力的变化。

3. 描记杠杆 肌肉的收缩以及其他生理过程（如呼吸运动，心脏的活动等），可以应用描记杠杆描记为曲线。

描记杠杆有几种，如通用杠杆、万能杠杆、等长杠杆、等张杠杆等。杠杆的一端装有笔尖，以便在记纹鼓上描记，另一端与肌肉等标本连接，肌肉收缩时，拉动杠杆，即可将机械变化描记成曲线。

4. 记滴器(滴定计数器) 是用来记录液体（如尿液）滴数的仪器。它的工作原理是当液滴落下时使一对电极接通，于是电路中有电流通过，借以直接或间接地驱动指示装置(图 1-6)。比较精巧的记滴器是用电子管或闸流管去控制指示器，这样可使通过液体的电流小得多。常用的指示器为电磁标，亦可用电生理仪。

如果液体不允许电流通过，那末，可采

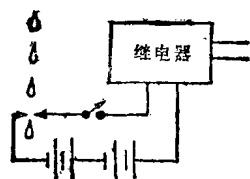


图 1-6 记滴器原理