

LABORATORY
EXERCISES IN PHYSIOLOGY

生理学实验

陈其才 严定友 吴政星 编著

科学出版社

生 理 学 实 验

陈其才 严定友 吴政星 编著

科 学 出 版 社

1995

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书结合生理学实验的基本理论介绍了生理学实验常用仪器设备和基本操作方法,书中包括有关神经与肌肉、中枢神经系统、感觉与感官、血液、循环、呼吸、消化、代谢、泌尿、内分泌与生殖生理的 75 个实验。为了方便读者,附录中收集了动物实验常用的生理学参数、溶液配方和实验设计的一般原则。

本书既可作有关院校生理学实验的教材,又可供生理学科科研人员参考。

生 理 学 实 验

陈其才 严定友 吴政星 编著

责任编辑 吴瑰琦

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

湖北省长虹印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1995 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1995 年 7 月第一次印刷 印张:19 1/2

印数 1—3900 字数:231 000

ISBN 7-03-003883-5/Q·471

定价:11.80 元

前 言

生理学是一门实验性科学，它主要以活体动物实验为基础进行科学研究。因此，生理学实验不仅是生理学研究的重要手段，而且是生理学教学的重要内容。生理学的实验教学，目的在于贯彻理论联系实际的教学原则，配合课堂的系统讲授，全面地完成生理学教学的任务。通过生理学实验的正规训练，使学生掌握生理学实验的基础理论、基本方法和基本技能，培养学生对生理现象的客观观察和思考能力，以及独立工作的能力，有利于激发学生努力学习生理学的主动性和积极性；从生理学实验中观察到的生理现象或效应，可印证生理学的基础知识和基本理论，加强生理学教学的直观性，有助于学生巩固和加深对教学内容的理解和掌握，奠定比较扎实的生理学基础，有助于培养合乎要求的人才。这就是生理学实验教学的重要意义。

生理学的实验教材，是保证和提高生理学实验教学质量的必备工具书。国内外著名的高等学校生物系或生理学系，不时修订或重新编写生理学实验教材，以适应培育专业人才的需要。近年来，由于现代生理学的进步与发展，生理学实验采用的先进仪器设备国产化，国内各院校生理学实验室相继更新和充实常用的生理仪器，如电子刺激器、阴极射线示波器和生理记录仪等，大大促进各院校生理学实验水平的提高；我国经济建设的腾飞，高等教育和成人教育事业的发展，推动着教学改革深化。鉴于当前教学的需要，华中师范大学生物系陈其才、严定友、吴政星三位同志根据多年教学实践的认识和经验，通力合作编撰出这本实验教材。这也是我们多年的愿望。

作者参照原教育部1980年颁布的《人体及动物生理学教学大纲（实验部分）》的要求，参考了目前所见的国内外同类教材并吸取其优点，考虑到我国大多数院校生理学实验室的条件，开展实验的可行性以及实验教学的效果，确定实验课题，供各院校选用。

本教材注意处理好以下几种关系：保留富有启迪性的经典实验与采用新技术新方法相结合；以活体动物实验为主，辅以人体无创伤的测定；重点实验课题同时编写传统常用仪器和现代电子仪器的使用方法；适当平衡重点章节与一般章节实验内容的比例，内分泌与生殖生理的实验比以往有所增加，既反映学科进展又体现生理学实验的实用性；为了充分利用实验动物和提高实验课单位时间的效率，把按一定顺序进行的相关实验内容进行组合，如有关神经于兴奋性测定与记录的组合，脊髓反射及其抑制的组合，大脑皮层运动区的定位与去大脑僵直的组合，心脏自律性舒缩描记与期外收缩的组合等。本教材继承传统实验指导精简扼要的表述特色，又尽可能阐述清楚实验课题的基本原理和操作步骤以及方法，使学生预习后在教师指导下可以顺利进行实验。每个实验课题的表述都注重引导学生进行观察与思考，每次实验的讨论题，可供学生课前预习，课内留意观察与思考，课后讨论和写实验报告参考；为便于学生阅读正文，按实验指导安装实验装置，绝大部分实验都附有精选的插图，部分插图的图注中附有原始的实验结果；附录中附有动物实验常用的生理学参数、生理溶液的配制以及实验设计的一般原则。

书中许多实验项目是经作者重复实验之后撰写的，对某些有疑问的实验项目是经多次重复实验验证而撰写的。尽管作者在主观上做了很大的努力，由于动物生命现象的复杂性以及在不同条件下，如不同的环境条件和设备条件，所观察到或获得的实验结果，有时同教材所描述的不完全一致，对此不可能面面俱到都提及，望实验者仔细观察、耐心思考、善于分析。书中不足或有误之处，敬请各方多多批评。

本书编写过程中，很荣幸得到北京大学蔡益鹏教授，华东师范大学周绍慈教授、翁恩琪教授，武汉同济医科大学陆佐之教授的支持和鼓励，我们谨向他们致以衷心的感谢。

张文纪

1992年12月

目 录

前 言	(i)
第一章 生理学实验常用仪器及一般操作技术	(1)
第一节 电生理实验常用仪器	(1)
第二节 生理实验常用描记仪器	(8)
第三节 生理实验常用器械及一般操作方法	(14)
第二章 神经与肌肉生理	(21)
实验 1 神经肌肉标本制备	(21)
实验 2 骨骼肌收缩	(23)
实验 3 刺激强度和负荷对骨骼肌收缩的影响	(25)
实验 4 药物对神经肌肉接点传递的影响	(26)
实验 5 肌电图	(27)
实验 6 终板电位	(28)
实验 7 强度-时间曲线	(30)
实验 8 神经干复合动作电位	(31)
第三章 中枢神经系统生理	(34)
实验 9 植物性神经活动的一般观察	(34)
实验 10 脊髓反射	(35)
实验 11 脊髓反射的抑制	(37)
实验 12 脊髓背根和腹根的功能	(38)
实验 13 小白鼠脊髓半横切的效应	(40)
实验 14 小白鼠小脑损毁后的运动障碍	(40)
实验 15 大脑皮层运动区功能定位与去大脑僵直	(41)
实验 16 大脑皮层的自发电活动	(43)
实验 17 大脑皮层诱发电位	(45)
实验 18 小白鼠防御性运动条件反射的建立	(47)
实验 19 人体某些反射的测定	(48)
第四章 感觉与感官生理	(50)
实验 20 视力、视野、盲点和色盲的测定	(50)
实验 21 视网膜电图	(52)
实验 22 视紫红质漂白实验	(52)
实验 23 声音的传导途径	(53)
实验 24 耳蜗微音器效应和听神经动作电位	(54)
实验 25 动物一侧迷路破坏后的效应	(55)
实验 26 肌梭放电	(56)

实验 27 皮肤感觉	(58)
第五章 血液生理	(60)
实验 28 红细胞比容的测定	(60)
实验 29 红细胞沉降速率的测定	(61)
实验 30 红细胞溶血作用	(62)
实验 31 血红蛋白含量的测定	(63)
实验 32 红细胞和白细胞计数	(64)
实验 33 血小板计数	(66)
实验 34 血液涂片的制作及白细胞分类	(67)
实验 35 ABO 血型鉴定	(68)
实验 36 出血时和凝血时的测定	(69)
实验 37 影响血液凝固的因素	(70)
第六章 循环生理	(74)
实验 38 蟾蜍心搏过程的观察	(74)
实验 39 蟾蜍心室期外收缩与代偿间隙	(75)
实验 40 蟾蜍心脏搏动与电活动的关系	(77)
实验 41 蟾蜍心脏的神经支配	(77)
实验 42 离体蟾蜍心脏灌流	(78)
实验 43 蟾蜍心肌细胞动作电位的测定	(80)
实验 44 蟾蜍在体心脏动作电位及心电图的同时记录	(82)
实验 45 动脉血压的调节	(84)
实验 46 降压神经电活动的观察	(88)
实验 47 人体动脉血压的间接测定和心音听诊	(89)
实验 48 人体心电图的描记	(91)
实验 49 微循环的观察	(94)
第七章 呼吸生理	(96)
实验 50 人体肺容量和肺通气量的测定	(96)
实验 51 人体呼吸运动及其影响因素	(98)
实验 52 呼吸气体成分分析	(99)
实验 53 呼吸运动的调节	(102)
第八章 消化生理	(104)
实验 54 离体小肠平滑肌的特性	(104)
实验 55 消化道的运动及其影响因素	(105)
实验 56 胰液和胆汁的分泌	(107)
实验 57 胃液的分泌	(108)
实验 58 小肠的吸收	(110)
实验 59 小肠平滑机电活动的记录	(113)
第九章 代谢生理	(118)
实验 60 小白鼠能量代谢的测定	(118)

实验 61	甲状腺素对代谢的影响	(119)
实验 62	人体基础代谢的测定	(120)
第十章	泌尿生理	(124)
实验 63	影响尿生成的因素	(124)
实验 64	膀胱的神经支配	(126)
实验 65	肾脏血浆清除率	(126)
实验 66	抗利尿激素 (ADH) 对蟾蜍膀胱水转运的影响	(128)
实验 67	蛙肾小球血流的观察	(130)
实验 68	输尿管活动的观察与记录	(131)
第十一章	内分泌与生殖生理	(135)
实验 69	胰岛素、胰高血糖素、肾上腺素对血糖的影响	(135)
实验 70	切除甲状旁腺对动物机体的影响	(135)
实验 71	摘除肾上腺皮质对动物影响的观察	(137)
实验 72	切除卵巢和注射雌激素对小白鼠动情周期的影响	(138)
实验 73	妊娠实验	(140)
实验 74	离体子宫平滑肌的灌流	(141)
实验 75	雌二醇的放射免疫测定法	(142)
主要参考文献		(147)
附 录		(148)
附录 I	一般实验设计与实施	(148)
附录 II	常用生理溶液	(149)
附录 III	几种常用实验动物的一般生理常数	(150)
附录 IV	药物等效剂量比率表	(151)
附录 V	气体容量的换算系数	(152)

第一章 生理学实验常用仪器及一般操作技术

第一节 电生理实验常用仪器

一切生命活动几乎都伴随有电的变化，这就是生物电现象。研究生命活动所伴随的电现象，已成为一门独立的学科——电生理学。在实验中观察和记录机体活动时所产生的电变化，要借助各种电子仪器，常用的基本仪器包括电子刺激器、前置（生物电）放大器和示波器。关于这些仪器的线路设计原理可参阅有关专门书籍和资料，本书仅对它们的基本性能和一般操作方法分别作简要介绍，供实验时参考。这些仪器的使用连接如图 1-1。

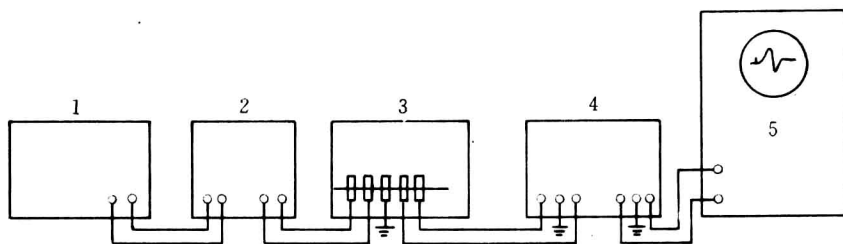


图 1-1 电生理仪的使用连接示意图

1. 电子刺激器 2. 刺激隔离器 3. 屏蔽盒 4. 前置放大器 5. 示波器

一、阴极射线示波器

医学生物学常用的示波器多为二线示波器，它的关键部件——阴极射线管（图 1-2），其内装有若干电极并抽成真空，它的一端为玻璃荧光屏，上面涂有磷化物，故受电子轰击的地方就发光。

工作时向阴极施加负电压（约 2000V）使之加热，从阴极发射的电子飞向阳极并被加速，由于阳极中间有一小孔，电子以恒定的高速穿越小孔向前运动，从而形成电子束。再通过与阳极和阴极邻近的其他电极来控制电子束的强度并使之聚焦，电子束撞击荧光屏的部位产生光点。在阳极与荧光屏之间，电子束通过两对相互垂直的电极板，即 X 和 Y 偏转板。如果在偏转板上跨接一电位差，则电子朝着带正电的偏转板移动。Y 偏转板与示波器的放大器输出端连接，放大后的待测信号电压以垂直偏转的光点出现在荧光屏上。X 偏转板连接到一个产生锯齿波的电路（时基发生器）上，使光点在荧光屏上以恒定的速度作水平移动，随着每一个锯齿波的终结，光点回扫又重新开始。这种双线示波器，每一线都有独立的 Y 偏转板和放大器，可以同时测量两种信号。

现将其面板控制和操作方法作简要介绍。

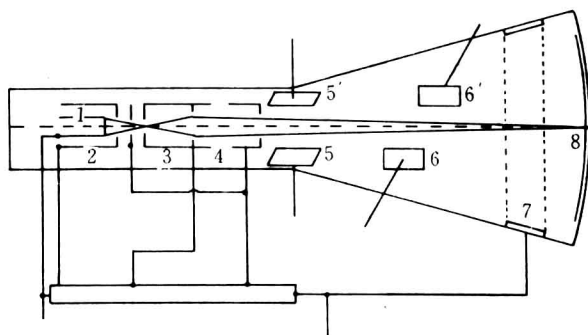


图 1-2 阴极射线示波管

1. 阴极 2. 栅极 3. 第一阴极 4. 第二阴极
5. 垂直 (Y) 偏转板 6. 水平 (X) 偏转板 7. 第三阴极 8. 荧光屏

(一) 主机部分

1. 电源开关：开关向上为接通。
2. 辉度：控制荧光屏上光迹的明暗度，顺时针方向旋转则变亮，逆时针方向旋转则变暗。
3. 聚焦：将“X 轴作用”置于外接状态，分别调节上、下线聚焦，使光点圆而小，在扫描示波时光迹清晰。
4. 标尺亮度：控制坐标片刻度线亮度，供拍照和某些信号观察时用，顺时针方向旋转变亮，逆时针方向旋转变暗。

(二) 时基部分

1. 扫描速度：用以改变光点水平方向移动速度，自 $1\mu\text{s}/\text{cm}$ — $5\text{s}/\text{cm}$ ，共分 21 档可调。
2. 触发选择：选择不同的触发信号。① 电源触发；② 内触发（上线 AC，DC）（下线 AC，DC）；③ 外触发（AC，DC）和外触发极性选择（+、-）。
3. 触发电平：当置于“自动”或“连续”位置时，均呈扫描状态；当置于“连续”与“自动”之间某一位置，呈触发扫描状态，使波形稳定清晰地显示。
4. 稳定度：用以控制触发扫描的稳定程度，使呈欲自激而未自激状态。此时触发的同步性能为最佳。

(三) X 轴部分

置于“正常”位置时，呈不扩展扫描状态。

1. 扫描扩展：当波形较密而不易观察时，根据需要选用 $\times 2$ 倍、 $\times 5$ 倍、 $\times 10$ 倍、 $\times 20$ 倍扫描扩展档级。当置于“扫描扩展”档级时，其指示灯应发亮。
2. 外接扫描：当拨至“V/cm”范围的各档级时，X 轴呈外接状态，在观察心电图向量环或用作单板机等仪器的终端时，需外接扫描。

3. X 轴移位：用于调节光迹在水平方向左右移动。

(四) Y 轴部分 (上、下线相同)

1. 灵敏度：根据观察信号幅度选择不同灵敏度档级进行放大， $200\ \mu\text{V}/\text{cm} - 20\text{V}/\text{cm}$ 共分 16 档。

2. 输入选择：分 AC (交流) 和 DC (直流) 输入，又分别有① 单端输入，被测信号送入 Y 轴放大器的输入端 A 或 B；② 差动式 (双端) 输入，信号同时经 A、B 端双边输入。

3. Y 轴移位：调节光迹在垂直方向上、下移动。

4. 直流平衡：① 半调整的直流平衡粗调控制器；② 微调直流平衡控制器。这两个控制器用以调节放大器在各灵敏度档级时均无直流电位波动。

二、前置放大器

前置放大器又称为前级放大器或生物电放大器。生物电信号一般都很微弱，只有“ μV ”和“ mV ”级，发放频率范围也各不相同，其阻抗变化差异很大 ($1\text{k}\Omega - 100\text{M}\Omega$)。因此，要使放大器适应各种特性，必须灵敏度高，通频带宽，输入阻抗高，低噪声，抗静电、市电及磁场干扰能力强等。现参照上海生理所设计的 F2G-81 型前置放大器，将主要技术特性和使用方法作简要介绍。

(一) 放大器的增益

放大器的增益就是它的放大倍数或灵敏度，增益愈大，放大倍数愈高。由于增益 = 输出信号电压/输入信号电压，如果输入信号电压为 1mV ，经放大器放大后，其输出电压为 1000mV ，则增益为 1000，即放大了 1000 倍。通过调节增益控制，可改变放大器的放大倍数，一般分为 $\times 20$ 、 $\times 100$ 、 $\times 200$ 、 $\times 1000$ 四个档级，再配合示波器 Y 轴放大器进行后级放大，放大倍数可 $> 10^6$ 倍，已能满足测量各种生物电信号的需要。

(二) 输入阻抗 (电阻)

这是我们在选择放大器时必须考虑的另一个指标，它指的是在放大器的输入端跨接一电位差，则有一个与此电位差成正比例的小电流流过输入端，这一比例因子就称为放大器的输入电阻。假设放大器的输入电阻为 $1\text{M}\Omega$ ，如果我们把 1 个 $10\text{M}\Omega$ 的细胞内微电极连接到输入电阻为 $1\text{M}\Omega$ 的放大器上，结果输入到放大器的电压为 $10^6 / (10^6 + 10^7)$ ，仅是信号电压的 $1/11$ ，显然，这对测量信号电压来说是太小了。因此，当用高电阻电极时，必须用有高输入电阻的放大器，通常把一个阴极跟随器连接到放大器上，提高输入电阻，假定阴极跟随器的输入电阻为 $10^4\text{M}\Omega$ ，那么记录到的电压则为 $10^{10} / (10^{10} + 10^7)$ ，即信号电压的 99%，这是相当准确的。

(三) 频率响应

频率响应又称通频带，指放大器对不同频率的信号产生放大率不同的反应 (或放大

率随频率的不同而发生变化)。理想的要求应该是频带很宽,但实际上是不可能的,因为放大器的通频带越宽,噪声也越大。通常将通频带定为在这些频率范围内其放大率下降为中间最大放大率的 70%,即衰减了 30%的频带范围内。

(四) 高频滤波

由一组滤波器组成,控制衰减上限频率信号,除去不需要记录的高频成分,减少噪声,提高放大器的灵活性,使之既能适应于较低频带又能适应于较高频带,从而成为一个鉴别频率的衰减器,允许某些频率差不多受影响地通过,而另一些频率则几乎全部被衰减。滤波调节设有 100kHz、10kHz、1kHz 和 0.1kHz 档级供选择。

(五) 时间常数

“时间常数”一方面指放大器的输入端接入电容器(C)、构成阻容 RC 电路,使整个放大器作为阻容耦合交流放大器使用,另一方面是选择低频带的带宽,而成为低频滤波器。不同的“时间常数”代表不同的低频滤波程度,如果需要放大的信号很慢,则时间常数选择要大一些;相反,快变化信号,则时间常数可小一些。这是因为在较高频率时,电容器 C 的阻抗比电阻 R 小,此时衰减几乎可以忽略不计,但在低频率时, C 的阻抗增加,衰减逐步加大。这是放大器级间耦合的 RC 电路充放电的结果,正是此 RC 的乘积决定着放大器的时间常数,如果我们要衰减 100Hz 以下的信号,那么时间常数 $RC = 1/f = 1/100 = 0.01s$, 衰减 10Hz 以下的信号,则 RC 为 0.1s, 余类推。

“DC”直流输入指直接耦合输入,不通过电容器,这时整个放大器作为直流放大器使用,可以观察直流信号的变化或换能器输入的慢信号等。“时间常数”旋钮设有 0.001s、0.01s、0.1s、1s、DC 供先择,“时间常数”选择正确与否,对保证生物电信号清晰、稳定、不失真是非常重要的。

(六) 辨差率(差分比、共模抑制比)

辨差率是指差分放大器对异相(差模)生物电信号的放大倍数与同相(共模)干扰信号的放大倍数之比。辨差率愈高,说明放大器抗干扰的能力和它检出分辨所需要的差模信号的能力愈强,而它受外界干扰的共模信号的影响越小。按照辨差率(差分比) = 差模放大倍数(k_d)/共模放大倍数(k_c),一般要求辨差率应在 10 000 : 1 以上。

(七) 输出平衡

是用来调节整个放大器的两边输出均接近于零电位(对地),当调至平衡时,此时放大器的输入端直接接地,调节面板上的平衡旋钮,使放大器输出两端($A_1 A_2$ 或 $B_1 B_2$) 电位相等且接近 0V,以达到放大器的自身平衡。

三、电 子 刺 激 器

在生理学实验中经常使用的刺激方法是电刺激,因为它不易损伤组织,能定量、定时,并可重复使用。目前多采用矩形波电子刺激器。国产电子刺激器种类较多,除功能

多少有所不同外,其他大同小异。现以蚌埠无线电二厂的 DCQ-2 型刺激器为例,简要介绍其有关特性和基本操作方法。

该仪器为多功能数字脉冲发生器,能产生多种类型的矩形波电脉冲,并能以多种形式进行工作,其电路结构框图如图 1-3 所示。

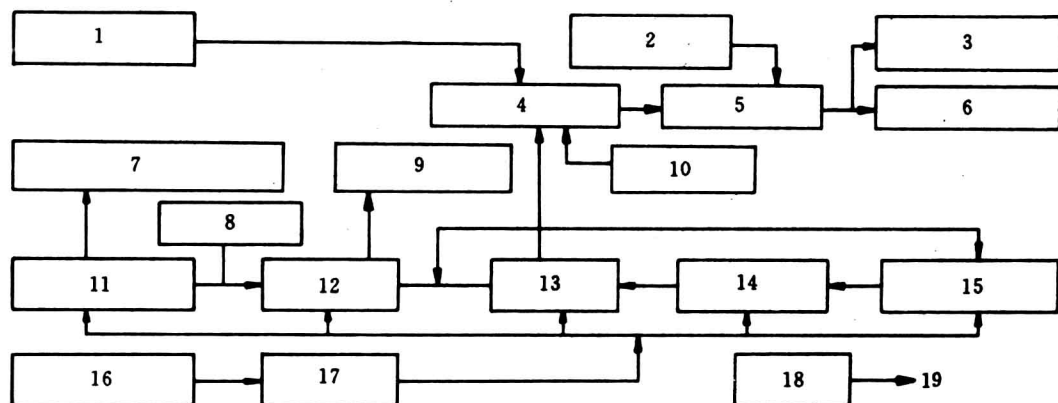


图 1-3 电子刺激器的工作框图

1. 调制输入 2. 混合输入 3. 刺激标记器 4. 输出控制 5. 输出电路 6. 刺激输出
7. 主间隔触发输出 8. 触发输入 9. 延迟触发输出 10. 短路保护 11. 主间隔控制
12. 延迟控制 13. 波宽控制 14. 串个数控制 15. 串间隔控制 16. 晶振电路
17. 分频电路 18. 电源 19. 去各电路

(一) 电子刺激器应用简介

1. 主间隔 (T_1): 控制整机输出脉冲(包括刺激电脉冲和触发电脉冲)的总周期(图 1-4),即设置重复刺激脉冲的时间间隔。主间隔设置的范围从 $200\mu\text{s}$ — 9999ms ,在调节主间隔时,必须使主间隔 (T_1) $>$ 延迟 (T_2) $+$ 串间隔 (T_4) $\times$ [串个数 ($n-1$) $+$ 波宽 (T_3)]。

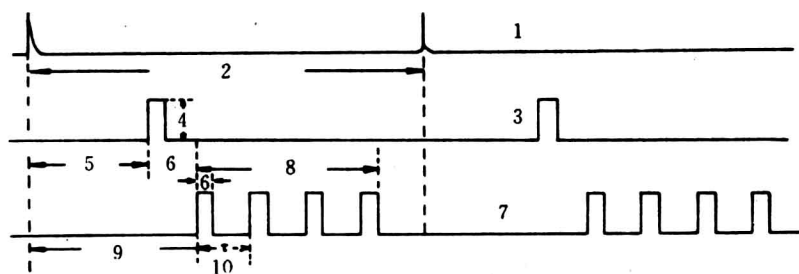


图 1-4 刺激方波及其参数

1. 同步输出 2. 总周期 3. 单输出 4. 幅度 5. 延时 6. 波宽 7. 串输出
8. 串长 9. 延时 10. 串间隔 11. 频率 (F) $= \frac{1}{T}$

2. 延迟 (T_2): 设置来自本机主间隔触发或外部触发电脉冲到产生刺激电脉冲之间的时间,即刺激同步输出与刺激波输出之间产生一定的时间延迟,用于调节刺激脉冲引起的动作电位显示在示波器荧光屏的适合位置,便于观察和分析。其设置范围从 $100\mu\text{s}$ — 999ms 。

3. 波宽 (T_3): 指刺激脉冲的作用时间, 它和强度之间有一定的关系, 在一定范围内, 波宽大, 强度可小些; 反之, 波宽可大些, 一般 1ms 左右。波宽太大时, 会产生一个较大的刺激伪迹, 影响生物电信号的记录。波宽设置范围从 $100\mu\text{s}$ —999ms。由于刺激频率 (f) 与波宽和延迟时间有关, 后两者时间之和应小于频率的倒数 (一个周期) 的 70% ($T_2 + T_3$) $< 70\% \frac{1}{f}$ 。

4. 串间隔 (T_4): 指的是双脉冲或串内脉冲之间的时间间隔, 设置串间隔时必须使串间隔 (T_4) $>$ 波宽 (T_3)。

5. 串个数 (n): 指每次触发产生的刺激电脉冲的个数, 最大范围是 9999 个。

6. 输出方式:

(1) 单。每次触发 (可来自主间隔、手动、外) 产生一个矩形电脉冲。

(2) 串。每次触发产生“双”或“串”矩形电脉冲。

(3) DC。产生和输出直流电压。

7. 强度调节:

(1) 粗调。分 1V、10V、50V 三档。

(2) 微调。顺时针方向旋转到底时, 刺激输出分别为 +1V, +10V, +50V, 例如, 粗调置于 10V, 此时微调顺时针方向满刻度为 +10V, 若微调外层刻度为 2, 内层刻度为 1, 刺激强度即为 1.2V (10×0.12), 余类推。

8. 触发方式:

(1) 内触发。开关置于“内”时, 由主间隔 (T_1) 发出脉冲来触发, 刺激电脉冲与主间隔 (T_1) 同步。

(2) 外触发。开关置于“外”时, 仪器接受外部输入电脉冲触发。

(3) 手动触发。由按压“手控触发”开关产生的开关信号来触发, 或由外接的开关产生的开关信号来触发。

9. 触发输出: 也称同步输出, 是触发需要与刺激器同步的其他仪器启动工作, 如触发示波器使之作同步扫描, 便于在示波器荧光屏上观察到稳定的生物电信号。该刺激器设有“主间隔同步”和“延迟同步”功能。

这种类型的刺激器还可进行双机或多机联合使用, 产生各种形式的混合波和调制波, 另外还配有刺激标记器、功能扩充接口等, 以扩大仪器的功能范围。

(二) 电刺激隔离器

隔离电刺激的仪器称为刺激隔离器。它虽是刺激器的一个附件, 但却是研究电生理学必不可少的仪器之一。在记录生物电时, 由于刺激器输出的电压 (或电流) 常比生物电信号大得多, 如果前者有极少成分弥散到记录电极与生物电信号一同被放大, 就会在生物电信号之前出现一个很大的伪迹, 甚至使生物电信号变形失真。另一方面, 由于刺激器输出一端为地, 又和放大器有公共地线, 就会将交流电波或刺激伪迹带入记录系统, 而将示波器荧光屏上的生物电波形完全掩盖。刺激隔离器能隔掉上述扩散的刺激电压 (或电流) 以及刺激伪迹的干扰。此外, 还可以隔掉刺激器输出的直流成分, 避免组织产生极化作用。

常用的刺激隔离器有两种：隔离变压器和射频耦合隔离器。前一种隔离变压器较简单，但输出波形畸变大，隔离效果也差。目前主要采用后一种，它由电感三端式射频振荡器、检波器、衰减器三部分组成（图 1-5）。

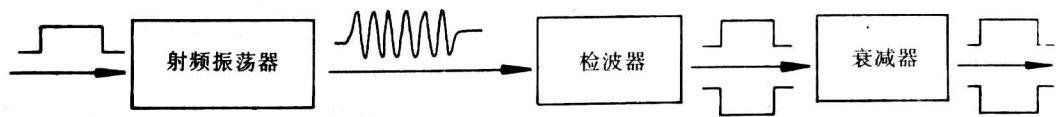


图 1-5 电刺激隔离器工作框图

当矩形波脉冲输入射频振荡器时，随之产生射频振荡，振荡时间由矩形脉冲波宽决定，脉冲的持续结束振荡也结束，其射频信号经振荡线圈耦合至次级线圈，再输出至检波器进行检波，变为原矩形脉冲并进行极性转换，最后，在隔离器的输出端即可获得正负极性的矩形波脉冲。

四、常用电极

（一）刺激电极

1. 金属电极：这类刺激电极是用金属丝制成的，要求用银丝、白金丝、不锈钢丝或钨丝制成，不宜用铜丝。常用的有普通电极、保护电极和锁定电极（图 1-6 A—C）。

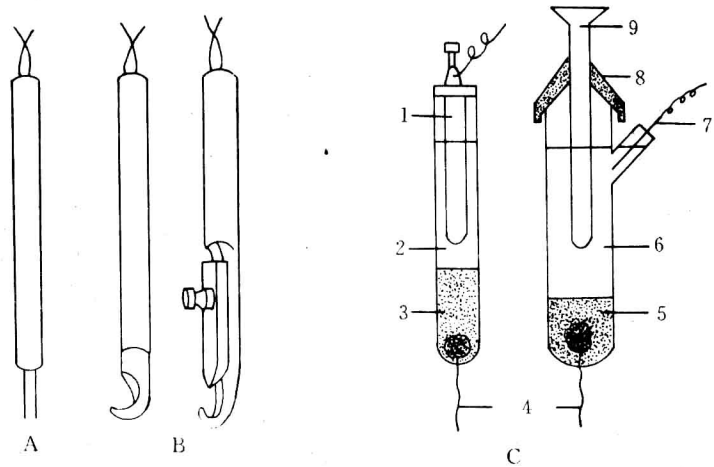


图 1-6 刺激电极

A. 普通电极 B. 保护电极 C. 乏极化电极

1. 锌条 2. 饱和 ZnSO_4 溶液 3. 陶土 4. 棉线 5. 白陶土浆糊
6. 生理盐水 7. Ag-AgCl 乏极化电极 8. 胶套 9. 轴

2. 乏极化电极：当用金属丝直接接触生物组织，在刺激时会产生极化作用，因此，常用银-氯化银（ Ag-AgCl ）和锌-硫酸锌（ Zn-ZnSO_4 ）乏极化电极（图 1-6C）来避免产生这种干扰。这种电极有时也用作记录电极。

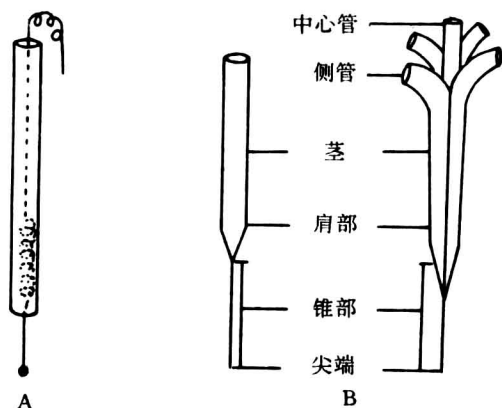


图 1-7 记录电极

A. 皮层诱发电位记录电极 B. 单管和-mult管玻璃微电极

(二) 引导(记录)电极

1. 金属电极: 常用银丝或白金丝制成双极或单极引导电极(图 1-7A), 多用于细胞外电位记录。如神经干动作电位和皮层诱发电位等。

2. 玻璃微电极: 有单、双、多管之分(图 1-7B), 测量单细胞电活动和单位电活动时常用玻璃微电极。这类电极制作比较简便、尖端 $<1\mu\text{m}$, 管内充灌 3mol/L KCl 溶液后, 电阻很大, 绝缘性能良好, 电极与组织接触可靠。关于它的制作、充灌、保存、使用等, 可参照有关文献。

第二节 生理实验常用描记仪器

一、生理记录仪与换能器

(一) 生理记录仪

目前这类仪器已逐渐成为生理实验中取代记纹鼓的基本仪器, 有不同型号及式样, 配上适当的换能器(传感器)或电极, 用途非常广泛, 可测量记录脑电、心电、肌电、血压、呼吸等活动的变化, 以及记录胃肠道平滑肌、骨骼肌和心肌等的舒缩活动, 还附有时标、项目标记等功能。现以成都仪器厂 LMS-2B 型二道生理记录仪(图 1-8)为例作简要介绍。

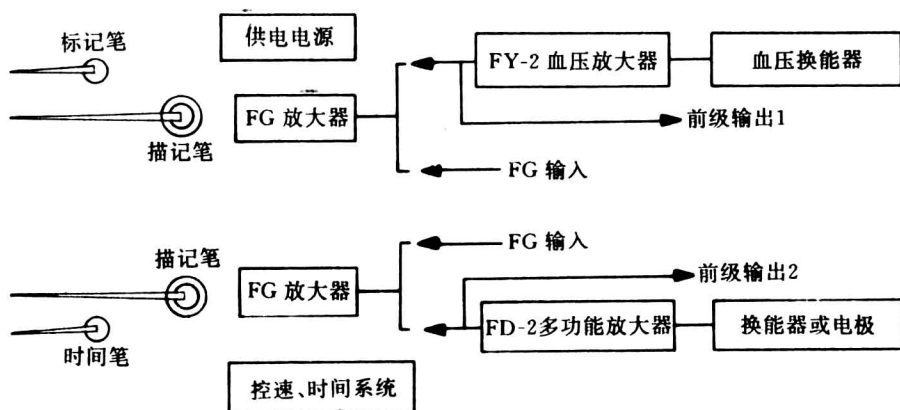


图1-8 LMS-2B 型二道生理记录仪工作框图

1. 放大系统:

(1) 前级放大器 (FD-2、FY-2): 为一种高输入阻抗、低噪声的双端输入差分放大器。各级放大器组成独立且各自具有深度负反馈的放大器, 因而具有很高的稳定性。这两级放

大器之间可以直接耦合 (FY-2), 也可以阻容耦合接成交流耦合形式 (FD-2), 使之既能测量直流信号, 又能测量叠加在直流电平上的交流信号。

(2) FG 直流放大器: 主要进行功率放大, 它与记录笔头配合, 实现信号的描记, 记录笔头内有一副线圈提供一个具有角速度反馈的信号输至本放大器的输入端, 使记录器有更好的频率特性。

2. 走纸系统:

该系统的直流伺服电机转速控制是从稳压电路中取出一定的电压, 输入比较电路中进行控制, 再经直流放大和功率放大, 驱动电机旋转。而测速发电机产生的电势反馈至比较电路, 使直流伺服电机的转速具有很高的稳定性, 只要改变放大器的输入电压便可以改变走纸速度。

3. 使用方法:

(1) 未通电前仪器的状态: 将仪器“电源”开关、两个后级 (FG) 的“通断”开关和前级 (FY-2、FD-2) 的“测量”开关及“输出”开关置于“关”或“断”, 按下走纸的“停”键, 将前级的灵敏度旋钮置于各自的最低档。仪器可靠接地。

(2) 安装记录纸: 扳动拾落笔架将全部笔尖抬起, 将书写板的提手向上轻轻提起, 取出机内的储纸轴, 装好记录纸。

(3) 灌注墨水: 取下墨水壶的橡皮盖子, 注入专用墨水, 盖上盖子, 用指尖堵住盖子中央的小孔向下一压一放, 借空气压力作用使墨水经导管流向笔尖, 直至将塑料管的气泡排出干净。若笔尖堵塞, 则用细金属丝小心地将笔尖捅通, 切勿使笔杆变形。

(4) 接通电源: 仪器进入正常工作状态, 放下落笔架, 记录笔尖接触纸面。

(5) 纸速选择: 选择合适的走纸速度, 压下控速按键, 记录纸开始运行。

(6) 时标选择: 调节时标旋钮, 使时间标记笔在记录纸上按 1s、10s、1min 进行标记。当时标旋钮置于“外接”时, 时间标记笔由外来脉冲信号控制。

(7) 项目或事件标记: 当事件标记的钮子开关板向“内”时, 每按一次标记按钮或短路一次外接标记电缆, 事件标记笔便在记录纸上作一次标记。当钮子开关置于“外”时, 事件标记笔由外来脉冲信号控制。

(8) 调零位: 将 FY-2 的输出开关置于“断”, 将 FD-2 插件抽出 (或将二芯的 FG 输入电缆插入该 FG 输入插孔), 这样便将 FD-2 和 FY-2 与它们相应的 FG 从电路上断开了。此时分别旋转两个 FG 的零位旋钮, 将笔尖调到记录纸上各自的中心线上, 按 FG 校对 (0.5V) 按钮, 得到 10mm 方波图形, 零位调好后, 将 FY-2 的输出开关置于“通”, FD-2 复位 (或抽出 FG 输入电缆)。此时将 FD-2、FY-2 的测量开关均应置于“断”, 分别调前级零位旋钮, 确定零位 (可根据实验记录的需要来确定)。

(9) FD-2 多功能放大器稳定性调整: FD-2 测量开关置于“断”, FG 输出开关置于“通” (勿起用“50Hz 抑制键”), 灵敏度旋钮置于最低档, 调“直流平衡”确定零位, 再将灵敏度旋钮置于最高档, 调直流平衡使笔尖保持刚才确定的零位; 又调回到最低档, 调直流平衡; 如此反复两三次, 直至灵敏度旋钮换挡时, 零位或基线位置不再随之改变, 直流平衡便调好了。今后在实验中不得随意调直流平衡, 否则基线会偏离零位。

(10) “高频滤波”和“时间常数”调节: 除去高频和低频部分的干扰, 视被测信号的不同选择合适的档极。由于 FD-2 放大器的放大率由“灵敏度”和“时间常数”共同决定,