

高等医药院校配套教材
(供医学药理学类专业通用)

生理学实验指导

朱思明 主编

MEDICAL PHYSIOLOGY
PHYSIOLOGY MEDICAL
MEDICAL PHYSIOLOGY
PHYSIOLOGY MEDICAL
MEDICAL PHYSIOLOGY
PHYSIOLOGY MEDICAL
MEDICAL PHYSIOLOGY
PHYSIOLOGY MEDICAL
MEDICAL PHYSIOLOGY
PHYSIOLOGY MEDICAL
MEDICAL PHYSIOLOGY

3-3
SM

人民卫生出版社

高等医药院校配套教材

(供医药学各类专业通用)

生理学实验指导

朱思明 主编

李玉荣 高兴亚 副主编

2008.10



A0287541

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学实验指导/朱思明主编.-北京:人民卫生出版社,1997

ISBN 7-117-02762-2

I. 生… II. 朱… III. 人体生理学-实验 N.R33-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 14247 号

生理学实验指导

朱思明 主编

人民卫生出版社出版发行
(100050 北京市崇文区天坛西里 10 号)

三河市富华印刷厂印刷

新华书店经销

787×1092 16 开本 11 印张 252 千字
1997 年 8 月第 1 版 1997 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
印数: 00 001—12 000

ISBN 7-117-02762-2/R·2763 定价: 12.50 元

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究。

编写说明

根据国家教委所提出的“九五”期间教材工作的指导方针：“深化改革，加大投入，抓好重点，提高质量，扩大品种，优化配套”，按照卫生部教材办公室（95）卫教材办第（45）号《关于组织编写各类“配套教材”的通知》之要求，江苏省生理科学学会承当了生理学配套教材用书的组编任务。目前，已经确定的配套教材选题有：《医学生理学》（医学本科教材），《生理学》（医学专科教材），《生理学学习提纲》，《生理学实验指导》（含微机系统技术的应用），《生理学问题集》，《生理学考试指南》，《医用电生理学基础》（选修教材）等7部。本配套教材由江苏省生理科学学会理事长、南京医科大学朱思明教授担任总主编，邀请南京医科大学、河北医科大学、浙江医科大学、上海医科大学、哈尔滨医科大学、大连医科大学、中国医科大学、福建医科大学、首都医科大学、山西医科大学、苏州医学院、昆明医学院、贵阳医学院、镇江医学院、上海铁道大学医学院、汕头大学医学院、上海职工医学院、泰山医学院、海南医学院等20所高等医学院校的高年资教师，分别参加本配套教材各书的组编工作。

在江苏省生理学会生理学配套教材编写组的组织领导下，《生理学实验指导》由南京医科大学、浙江医科大学、哈尔滨医科大学、河北医科大学、山西医科大学、福建医科大学、大连医科大学、镇江医学院、泰山医学院等9所高等医学院校的37位教师共同合作编写。南京医科大学朱思明教授担任主编，李玉荣教授、高兴亚副教授担任副主编。各位撰稿教师均在各自撰写的文稿之末署名。

本实验指导共分13章。总论部分有：绪论、生理学实验常用仪器（含微机系统技术的应用）、动物实验的基本操作技术等3章；各论部分共10章，由74项生理学常用教学实验组成。为了促进生理学教学实验的改革，通过1996年在西安召开的第五次全国生理学教学工作研讨会的大会交流，我们推荐采用D-951微机系统等先进技术仪器设备，以取代传统生理实验的基本实验仪器（示波器、记录仪、电子刺激器等）；从而促使生理学的实验教学改革早日登上新的台阶。为此，本实验指导在第二章第三节的“计算机在生理实验中的应用”一节内，以D-951微机系统为例，予以重点介绍，供作参考。

此外，在全书之末有一附录，附有每一生理实验项目的**实验结果及分析**，以便师生在必要时参阅。为了兼顾各参编院校的各种年制生理实验教学的不同需要，我们选编74项常用生理实验项目，提供参编院校从中选择、各取所需。本书的计量单位根据中国国际单位制推行委员会方案的意见，采用法定计量单位，且以符号表示。

由于我们的知识和能力有限，参编的作者较多，虽几经校审修订，书中难免仍有不妥之处，热忱欢迎读者不吝赐教，以便再版时修订。

朱思明

1997年4月19日南京

目 录

第一章 绪论	(1)
一、实验课的目的和要求	(1)
二、实验结果的处理	(2)
三、实验报告的写作	(2)
四、实验室守则	(3)
第二章 生理学实验常用仪器	(4)
第一节 一般生理学实验常用仪器	(4)
一、记纹鼓描记系统	(4)
二、记录仪描记系统	(5)
三、刺激装置	(8)
四、电极	(8)
第二节 电生理学实验常用仪器	(9)
一、示波器	(9)
二、生物电放大器	(12)
三、电子刺激器	(13)
第三节 计算机在生理学实验中的应用	(15)
一、计算机的基本结构和原理	(15)
二、计算机在生理学实验中的应用	(17)
三、D-951 微机化实验教学系统	(19)
第三章 动物实验的基本操作技术	(24)
一、实验动物的选择和准备	(24)
二、动物的麻醉	(24)
三、动物的捉持、固定与处理	(26)
四、急性动物实验的基本操作技术	(28)
五、常用手术器械	(30)
附：(一) 常用生理盐溶液的成分及配制方法	(31)
(二) 常用实验动物的生理常数	(32)
第四章 细胞的基本功能实验	(33)
实 验 一 蟾蜍坐骨神经腓肠肌标本制备.....	(33)
实 验 二 不同刺激强度刺激神经对肌肉收缩的影响.....	(35)
实 验 三 不同刺激频率刺激神经对肌肉收缩的影响.....	(37)
实 验 四 负荷对肌肉收缩的影响.....	(37)
实 验 五 神经干动作电位的引导.....	(39)
实 验 六 神经兴奋传导速度的测定.....	(41)

实验七	神经兴奋不应期的测定	(42)
实验八	强度-时间曲线的测定	(43)
实验九	骨骼肌兴奋-收缩耦联及脱耦联	(44)
实验十	骨骼肌膜电位和动作电位的测定	(45)
实验十一	颌颜肌的电活动	(46)
第五章	血液实验	(48)
实验十二	红细胞计数	(48)
实验十三	血红蛋白含量的测定	(50)
实验十四	红细胞渗透脆性的测定	(51)
实验十五	红细胞沉降率的测定	(53)
实验十六	白细胞计数	(53)
实验十七	出血时间和凝血时间的测定	(54)
实验十八	血液凝固及其影响因素	(55)
实验十九	血型的鉴定	(56)
第六章	循环实验	(58)
实验二十	蛙心起搏点	(58)
实验二十一	期前收缩和代偿间歇	(59)
实验二十二	蛙心灌流	(60)
实验二十三	刺激蟾蜍迷走交感神经干对心脏活动的影响	(62)
实验二十四	容积导体的导电规律	(63)
实验二十五	容积导体中的心电向量	(64)
实验二十六	人体心电图的描记	(65)
实验二十七	心肌细胞的动作电位	(67)
实验二十八	人体动脉血压的测定及运动对血压的影响	(69)
实验二十九	心输出量的影响因素	(70)
实验三十	人体心音听诊	(73)
实验三十一	蛙肠系膜微循环的观察	(74)
实验三十二	中心静脉压的测定	(75)
实验三十三	循环模型	(76)
实验三十四	心血管运动的神经体液调节	(77)
实验三十五	降压神经放电的观察	(80)
第七章	呼吸实验	(83)
实验三十六	肺通气功能的测定	(83)
实验三十七	大鼠离体肺顺应性的测定	(85)
实验三十八	胸内负压	(88)
实验三十九	呼吸运动的调节	(89)
实验四十	膈神经放电	(90)
第八章	消化实验	(93)
实验四十一	消化道平滑肌的生理特性	(93)

实验四十二	胃肠道运动的观察	(94)
实验四十三	胰液和胆汁分泌的调节	(95)
第九章	能量代谢实验	(97)
实验四十四	人体基础代谢的测定	(97)
第十章	泌尿实验	(101)
实验四十五	影响尿生成的因素	(101)
第十一章	感觉器官实验	(103)
实验四十六	视野测定	(103)
实验四十七	视敏度测定	(104)
实验四十八	盲点测定	(105)
实验四十九	视觉调节反射和瞳孔对光反射	(105)
实验五十	视网膜电图	(107)
实验五十一	声音的传导途径	(107)
实验五十二	耳蜗的生物电现象	(108)
实验五十三	前庭视反射与姿势反射	(109)
实验五十四	迷路功能的观察	(110)
第十二章	神经系统实验	(111)
实验五十五	反射弧的分析	(111)
实验五十六	反射中枢活动的某些基本特征	(112)
实验五十七	反射时的测定	(113)
实验五十八	兔大脑皮层运动区的定位	(114)
实验五十九	去大脑僵直	(115)
实验六十	去小脑动物的观察	(117)
实验六十一	脑的立体定位术	(118)
实验六十二	下丘脑的摄食中枢	(119)
实验六十三	中枢神经元的单位放电	(120)
实验六十四	大脑皮层诱发电位	(122)
实验六十五	肌梭传入冲动的观察	(124)
实验六十六	皮肤感受器传入冲动的观察	(126)
实验六十七	人体肌电图的描记	(127)
实验六十八	人体脑电图的描记	(128)
实验六十九	防御性条件反射	(129)
第十三章	内分泌实验	(131)
实验七十	大、小鼠性周期的检查	(131)
实验七十一	去垂体大白鼠的观察	(132)
实验七十二	摘除小白鼠肾上腺及应激试验	(133)
实验七十三	妊娠试验	(134)
实验七十四	人绒毛膜促性腺激素放射免疫测定(双抗体法)	(135)
附录	实验结果及分析	(138)

第一章 绪 论

生理学是一门实验性科学。学习生理学这一门重要医学基础课时,除了应当重视在课堂上学习生理学的理论知识外,还要十分重视在实验室中为学生安排的生理学实验课的学习。两者是学好生理学这一门重要医学基础课不可分割、相辅相成的教学环节。因此,教师和学生都应当从思想上重视实验室的教学工作。重视培养学生对科学实践应有的“三严一实”,即:严肃的工作态度、严格的工作要求、严密的工作方法和实事求是的工作作风。

一、实验课的目的和要求

生理学实验课的目的和要求有四:首先是通过实验课使学生能够正确使用生理学实验的基本仪器设备,初步掌握生理学实验的基本操作技术;第二是使学生了解获得生理学知识的基本方法和初步整理分析实验所得结果的能力以及验证和巩固生理学理论课中的某些基本理论;第三是通过生理学的实验课教学逐步培养学生能够客观地对事物进行观察、比较、分析和综合的能力以及独立思考、解决实际问题的能力。第四可为学习药理学、病理生理学等相关学科的实验课,为今后的临床实践和科学研究工作提供必要的基本技能,有利于循序渐进、顺利完成医学院校学生基本技能的培训任务。

为了达到实验课的目的和要求,学生在每次参加生理学实验过程中,应努力做到以下几点要求:

第一, 实验前

1. 应仔细预习实验指导,了解实验目的和要求以及实验步骤和操作流程。
2. 结合实验内容,复习有关理论,事先有所理解,力求提高实验课的学习效果。
3. 尝试预测该实验各个步骤应得的结果如何?并应用已知的有关理论知识予以解释。
4. 注意并预估在实验过程中可能发生的误差。

第二, 实验时

1. 认真听实验指导教师的讲解和示教操作的演示。要特别注意教师所指出的实验过程注意事项。

2. 实验所用的器材务必陈放整齐、布置稳当、合理使用、节约爱护,充分发挥各种器材应有的作用,保证实验过程顺利进行、取得预期效果。

3. 按照实验指导中所列出的实验步骤,严肃认真地循序操作,不可随意更动。不得擅自进行与实验内容无关的活动。在以人体为对象的实验项目,应格外注意人身安全;对实验动物要十分爱护,以保证动物能为实验工作做出应有的贡献。

4. 实验小组成员在不同实验项目中,应轮流担任各项实验操作,力求各人的学习机会均等。在做哺乳类动物大实验时,组内成员要明确分工,相互配合,各尽其职,统一指挥。

5. 实验过程中,应自始至终地认真操作,仔细观察,如实记录,分析思考。经常给

自己提出种种问题，如：发生了什么实验现象？为什么会出现这些现象？这些现象有何生理意义？等等。

6. 在实验过程中若是遇到疑难之处，先要自己想方设法予以排除。如果一时解决不了，应立即向指导教师汇报情况，要求给予协助解决。对贵重仪器，在尚未熟悉其性能之前，不可轻易动用。

7. 某些实验项目，由于实验条件或技术操作受到客观的限制，只能由教师予以示教。示教实验时，学生虽然没有直接参与实验操作，但应与那些自己操作的实验项目，同样认真对待，努力取得应有的示教效果。

第三、实验后

1. 将实验用具整理清洁后，回归原位。所用的器械务必按照常规清洗干净。如果发现器材和设备损坏或缺少，应立即向指导教师报告真实情况，并予以登记备案。临时向实验室借用的器材和物品，实验完毕后应立即归还，并予以注销。

2. 仔细认真整理收集实验所得的记录和资料，对实验结果进行讨论，并作出结论。

3. 认真填写实验报告，按时送交指导教师评阅，并予以记分。

二、实验结果的处理

学生在生理学实验过程中通过科学方法将所观察、检测到的实验结果，进行分析和整理，转变为可定性、可定量的数据和图表，以便研讨其所获得的各种变化的规律。

在实验所得的结果中，凡属于可以定量检测的资料，如：高低、长短、快慢、轻重、多少等等，均应以法定计量单位和数值予以表达。在可以记录到曲线的实验项目中，应尽量采用曲线来表示实验结果。要求在所记录到的曲线上仔细标写清楚各项图注，务使他人易于观察和辨识曲线的内在含义。如应在曲线上的适当部位标注度量标尺及度量单位、刺激开始和终止的标志、时间标志、实验日期及实验名称等等。需要进行统计分析的实验资料，应按卫生统计学中所规定的统计学方法进行处理。

三、实验报告的写作

1. 生理学示教实验或学生自行操作的实验，均要求每位学生写出自己的实验报告。个别的实验项目经指导教师统一规定认可，方得按小组集体写出实验报告。学期开始时，学生应按照教研室的规定，准备好统一的活页实验报告用纸，供作每次实验后写作实验报告之用。实验报告应按照指导教师的要求，按时送交给指导教师评阅，不得拖延或不交。学期终了时应将全部实验报告汇集成册，及时送交教研室考核。实验考核时，除实验报告是一重要考查依据外，尚可根椐平时每次实验过程中学生的学习态度和现实表现以及实验考查所得成绩、综合评定实验课成绩。有的院校规定：实验课考核成绩不及格者，不得参加生理学考试，并将实验课考核成绩列入生理学考试总成绩中计算，约占总分10%。有的将二者分列为两门课程。同时在理论课考试时，尚可在命题中出与实验课相关的试题，所占的比例一般不宜过多。这些措施均有助于引导师生重视实验课的教与学。

2. 实验报告应认真写作，要注意文笔简练、条理清晰、字迹整洁、观点明确，并要正确使用标点符号。实验报告上应注明班次、组别、姓名、日期等。

3. 实验报告中应写出实验题目、实验目的、实验对象、实验结果及分析。实验器材、实验步骤及注意事项可以省略，不必写出。

4. 在实验结果及分析一栏之末，应当对该实验项目所能验证的概念、原理或理论作出简要小结。在实验结果中未能得到充分证实的理论分析，不应当写入结论之中。

5. 实验结果的分析 and 结论如何写好？是一富有创造性的作业，它在某种程度上可以反映学生的独立思考和独立工作能力。因此，学生在书写实验报告时，应严肃认真、谨防抄袭书本或他人作业。若参考课外读物，应注明文献出处。如果在实验过程中出现非预期的结果，应考虑并分析其可能发生的原因，写入实验报告中，请指导教师评阅。

6. 生理学实验报告的格式如下：

生理学实验报告

姓名：_____ 班次：_____ 组别：_____ 日期：_____

实验题目：

实验目的：

实验对象：

实验结果分析：

四、实验室守则

1. 遵守学习纪律，不迟到、不早退；实验时因故必须外出或早退时，应及时向指导教师请假，征得同意后方可离开实验室。

2. 实验时应严肃认真，不得高声谈笑及进行任何与实验无关的活动，应保持实验环境的宁静。参加实验时应穿着实验工作服。

3. 参加实验者应先熟悉实验仪器和设备的性能及使用要点，而后动手使用。一旦发现仪器和设备故障或损坏，应立即向指导教师报告，以便能及时维修或更换，千万不可擅自拆修或调换。仪器和设备不慎损坏时，应及时向指导教师汇报情况，按章折价赔偿。同时应写出书面检讨，根据情节轻重考虑是否还要进一步给予处分。

4. 各实验小组的实验仪器和器材各自保管使用，不得随意与他组调换挪用；如需补发增添时，应向指导教师申报理由，经同意后方可补领。每次实验后应清点一下实验器材用品。

5. 爱惜公共财物，注意节约器材，爱护实验动物，实验室内物品不得擅自带走。

6. 保持实验室的整洁卫生，不必要的物品不要带进实验室内。实验完毕后，应将实验器材、用品及实验桌凳收拾干净；实验动物的尸体和废物应放到指定的地点，不得随地乱丢。实验室的清洁卫生工作应由各实验小组轮流负责打扫，以保证实验室环境的整洁卫生。

(南京医科大学 朱思明)

第二章 生理学实验常用仪器

第一节 一般生理学实验常用仪器

一、记纹鼓描记系统

(一) 记纹鼓

1. **概述** 记纹鼓可分为电动记纹鼓和弹簧记纹鼓两种。电动记纹鼓是由交流电机驱动，经变速齿轮及蜗轮蜗杆等传动部分构成。具有走速均匀、多档变速、能长时间连续转动等优点。弹簧记纹鼓的驱动力是弹簧发条的弹力，因其性能不及电动记纹鼓，除肌肉单收缩实验外，现已不常用。

2. 使用方法

(1) 将大小适合的记录纸（左压右）用两根橡皮筋分别在鼓的上下方固定之。

(2) 将实验用杠杆、电磁标和其它描记笔置于记纹鼓的右侧，并使描笔尖与鼓面在切点轻轻接触。注意各笔尖应位于同一垂线上。

(3) 根据实验需要选择适当的转速。一般应在保证能清晰记录所要观察现象的前提下，尽量慢些。注意电动记纹鼓改变转速应该在转动过程中轻转变速旋钮。

3. 墨水描记法 通常采用以下几种笔尖：

(1) **毛笔描记笔尖**：用狼毫毛笔为材料制成，它与记纹鼓易接触好，摩擦力小。但描出的曲线较粗，故不适宜用于需要观察细微变化的描记。

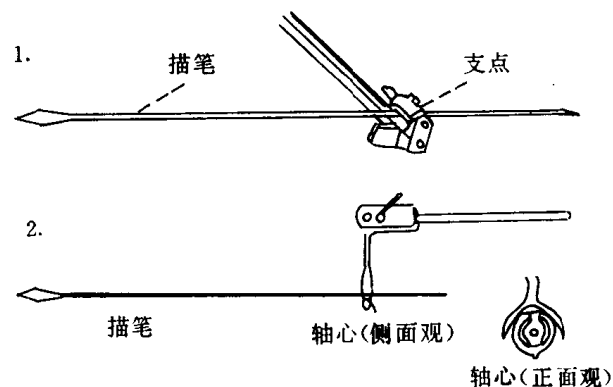
(2) **刨花笔尖**：用刨花制成，取材容易，使用方便。初次使用前应脱脂。

(3) **钢管笔尖**：用不锈钢管与丙酮赛璐珞胶制成的贮水小池相粘接而成。其特点是可储存较多的墨水，描记时间较长。常用于血压、呼吸等实验的描记。

(二) 传动装置

1. **肌动描记杠杆** 肌动描记杠杆是用记纹鼓记录肌肉收缩活动最常用的传动装置〔图 2-1 (1~4)]。通过改变杠杆动力臂和阻力臂的比例，即可调节描记曲线的大小。

2. **肌动器** 肌动器是固定并刺激蛙类神经肌肉标本的装置（图 2-1），分为平板式和槽式两种。实验时先将神经搭在电极上，将肌肉附着的股骨断端插入电极旁的小孔内，并旋紧螺丝予以固定，再将肌肉游离端用线扎在杠杆上。扎线时应注意先将杠杆移近电极，扎妥后再移动杠杆支



架，使杠杆处于水平位置。若要排除杠杆重量作为前负荷对肌肉收缩的影响，则可将“后加负荷”螺丝旋上，使之刚好触及杠杆。此时若用电刺激神经，则引起肌肉收缩，拉起杠杆，描记出肌肉收缩曲线。

3. **描记气鼓**（马利气鼓）是随气体压力变化而起伏运动的传动装置〔图 2-1 (5)〕。通常用来描记呼吸运动及器官容积的变化。它是一个带有中空侧管的金属圆皿，其上覆盖一层薄橡皮膜，在膜中央粘上一描笔支架。当侧管中的气体压力改变时，可使橡皮膜起落，从而带动膜上的描笔描记出相应曲线。

4. **检压计** 是检测压力变化的装置，为一“U”形玻璃管，内装水银或水。在水银检压计“U”形管一端的水银面上加上装有描笔的浮标，当另一端所连接的液体系统内的压力发生改变时，浮标随水银柱升降而上下移动，即可在记纹鼓上描记出相应曲线。水检压计所用的“U”形管一般内径较粗，且内盛有颜色水，一般用于测量低压变化，如静脉压或胸内负压。

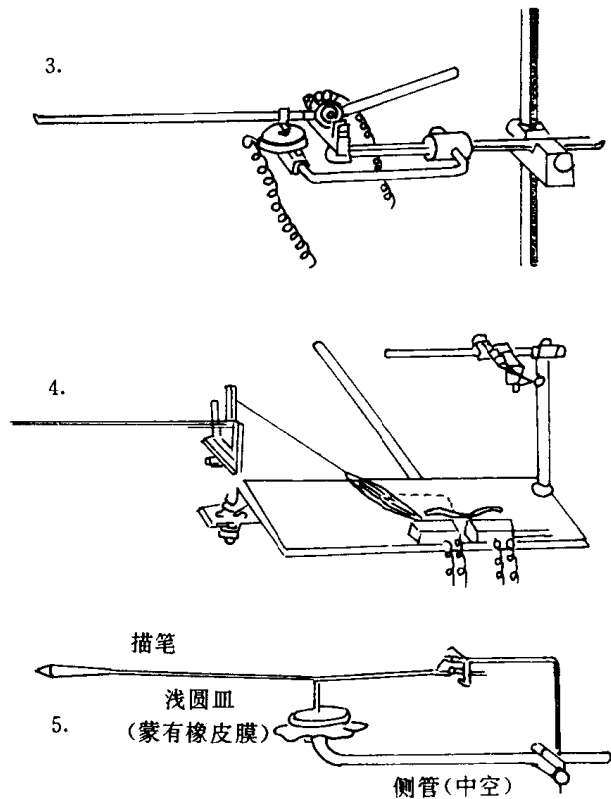


图 2-1 记纹鼓传动装置

(三) 标记装置

1. **电磁标** 是应用电磁感应原理制成。当电流脉冲通过线圈时，铁芯产生磁场，吸动描笔，从而在记纹鼓上做出标记。

2. **记时器** 原理同电磁标，只是驱动脉冲来源于定时器。每隔一定时间发出一个脉冲，使电磁标动作一次，以达到时标作用。

二、记录仪描记系统

(一) 概述

生理记录仪是现代生理学实验中常用的记录仪器。它具有灵敏度高、适用范围广等优点。配接适合的换能器或引导电极，可以记录多种生理活动的变化，如血压、心电、脑电、心音、呼吸等。生理记录仪一般有二道或多道，可同时记录两种或多种生物信号，并以曲线形式直接描记在记录纸上，供分析用。由于生理记录仪描记系统的频率响应不理想，一般小于 100Hz，故在记录快速变化的生物电信号（如神经干动作电位）方面受到限制。

目前常用的记录仪有 LMS-2A 或 LMS-2B, MJ-3 三道生理记录仪, SJ-42 多道生理记录仪等，现以 LMS-2A 为例，介绍其面板控制和使用方法。

(二) 面板控制部分 (图 2-2)

1. FS-2 前置放大器

(1) 灵敏度 (mV/cm): 用以改变仪器内部放大器的放大倍数。

(2) 时间常数: 用以改变仪器的低频特性, 详情请参阅下一节“生物电放大器”中“时间常数”部分。

(3) 滤波 (Hz): 用以改变仪器的高频滤波特性, 详情请参阅下一节“前置放大器”中“高频滤波”部分。

(4) 调零: 用以改变描记笔在记录纸上的位置。

(5) 校对: 用以校对仪器的放大倍数。

(6) 测量开关: 用以控制是否将输入信号输入放大器加以放大。

2. FY-2 血压放大器 为专门用于血压测量的放大器。其“灵敏度”、“调零”、“测量开关”、“校对”的作用均同 FS-2 前置放大器。“输出”开关是用以控制是否将本级放大的信号送到下一级放大器。

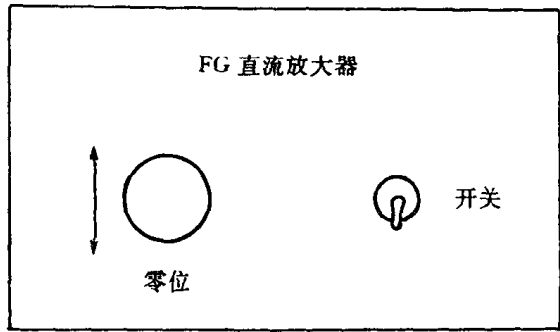
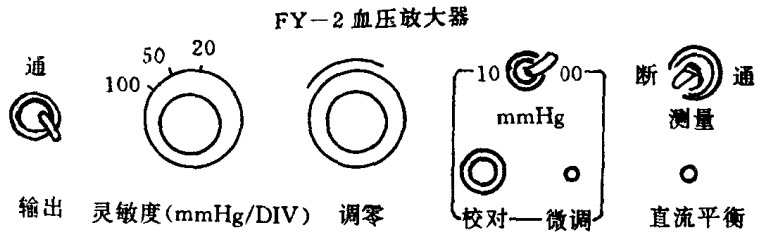
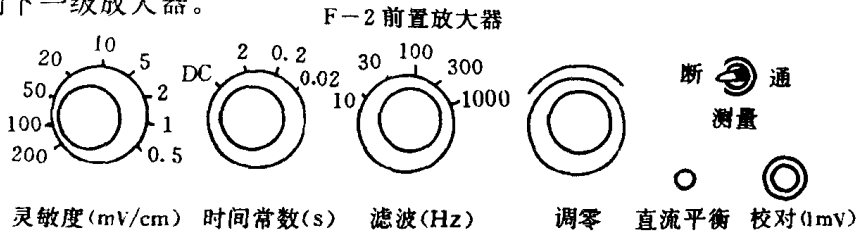


图 2-2 LMS-2A 二道生理记录仪面板 (1mmHg=133.32Pa)

3. FG 放大器

(1) 零位: 用以调节描记笔在记录纸上的位置。

(2) 开关: 用以控制是否将被测信号描记下来。

附: LMS-2B 型二道生理记录仪是在 LMS-2A 型基础上改进生产的。它主要有以下

几点改进：①描笔的描记方法由圆弧型改为直线型；②提高了前置放大器的灵敏度；③在FG放大器上增加了50Hz抑制电路，从而提高了整机的抗50Hz干扰能力。

（三）使用方法

1. 记录前准备

（1）面板上的电源开关及放大器的开关均置于断的位置，灵敏度置于最左边位置（即放大倍数最小），按下琴键开关的停键。

（2）用指尖堵住墨水壶橡皮帽中央的小孔向下压数次，使记录墨水从笔尖流出。

2. 记录操作

（1）将换能器与本机相连或将记录电极与动物接好后再与本机相连。开启电源开关，指示灯亮。放下抬笔架，使记录笔尖轻触记录纸面。

（2）将FG放大器开关置于“通”，旋转“调零”旋钮，将描笔调到记录纸中央。

（3）将前置放大器开关置于“通”，用琴键开关选择适当的纸速。根据实验需要选择“灵敏度”、“时间常数”、“滤波”等参数，使记录出的图形清晰。

（四）注意事项

1. 因本机具有较高的灵敏度，在接通FG放大器进行描记前，一定要使前级放大器与换能器相连或将输入线经引导电极与实验对象相连。否则，将会因干扰信号使描记笔满幅振荡而损坏笔杆。

2. 实验过程中，应防止水滴溅到仪器上发生短路而损坏仪器。

3. 仪器要妥善接地，以确保安全。

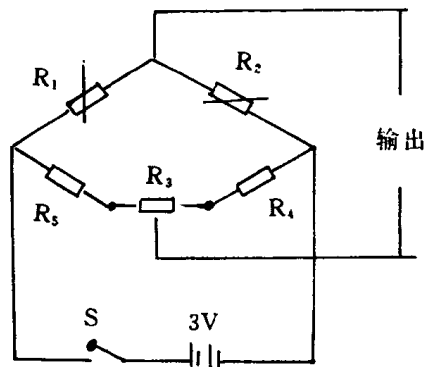
（五）换能器

换能器是把非电量转换成电量的装置。在生理学实验研究中，有许多被测参量是非电量，如血压、心搏、肌肉收缩、温度变化等。为便于记录和分析上述各参量，必须用换能器将它们转换成电参量。换能器的种类很多，如压力换能器、张力换能器、心音换能器、呼吸换能器等。生理学实验中最常用的是前两类换能器。现分别介绍如下：

1. 压力换能器

（1）用途与原理：这类换能器主要用于测量血压、中心静脉压、胃肠道内压等。换能器内部有一平衡电桥（图2-3），该电桥的一部分由敏感元件构成，它可以把压力的变化转换成电阻值的变化。当外界无压力时，电桥平衡，换能器输出为零。当外界压力作用于换能器时，敏感元件的电阻值发生变化，引起电桥失衡，从而换能器产生电信号输出。电信号的大小应与外加压力的大小呈线性相关。

（2）使用方法：测血压时，应从换能器侧管缓缓注入抗凝液体，并排出换能器内的气泡。将换能器与大气相通以确定零压力基线。再将换能器与充



满抗凝液体的测压导管相通，即可进行压力测量。用完后应及时清除换能器内的液体或血液，并用蒸馏水轻轻洗净晾干。

(3) **注意事项**：压力换能器有一定的测压范围，使用时应注意被测压力的大小。对超过检测范围的压力不宜测量。

另外，在压力换能器构成闭合测压管道系统时，严禁用注射器从侧管向闭合测压管道内用力推注，以免损坏换能器。

2. 张力换能器

(1) **用途与原理**：主要用于记录肌肉收缩曲线。其工作原理与压力换能器相似。张力换能器把张力信号转换成电信号输出。

(2) **使用方法**：用丝线把实验对象与换能器的应变梁相连，尽量使受力方向与应变梁运动方向一致，开启记录仪，选择适当的灵敏度，即可描记出收缩曲线。

(3) **注意事项**：张力换能器有一定的测力范围，超过此范围的张力不宜测量，以免损坏换能器；实验过程中应防止水滴进入换能器内部；在安装和调整实验装置时，应防止换能器撞碰。

三、刺激装置

参见第二节电子刺激器。

四、电 极

生理学实验中，电刺激可兴奋组织或从可兴奋组织引导生物电活动均离不开电极。常用的电极有普通刺激电极、保护电极、表面电极、玻璃微电极等。前三种电极使用比较简单且均有市售，这里简要介绍玻璃微电极的制备方法。

1. **微电极毛胚的清洁处理** 市售的微电极毛胚一般由 95 料或 GG17 硬质玻璃管制成。其外径与内径之比一般为 3:2，长度为 6~8cm。用塑料绳将微电极毛胚捆成一束，放入硫酸重铬酸钾溶液中浸泡 2h 后，用自来水冲洗 2h，再用蒸馏水反复冲洗 4~5 次，然后放入烘箱烘干备用。

2. **玻璃微电极的拉制** 将清洁处理过的微电极毛胚上下二端分别固定于微电极拉制器的电极固定夹上，根据实验对微电极尖端直径的要求，选择适当的加热电流和拉力，按启动按钮，一根微电极毛胚即可拉制成 2 根微电极。

3. **玻璃微电极的充灌** 用吸有浓度为 3mol/L 氯化钾溶液的注射器与 6 号针头相接，针头前端套接外径为 0.3~0.5mm 的塑料管，一手持注射器，一手持微电极，小心将塑料管慢慢插入微电极内，利用毛细管虹吸现象，将氯化钾溶液引入微电极尖端。待氯化钾溶液即将充满微电极时立刻将塑料管取出。

4. **玻璃微电极尖端直径的判别** 一般用测量微电极直流电阻的方法来判定微电极尖端的直径。用于跨膜电位测定用的微电极，其直流电阻约为 10~30M Ω ，微电极尖端直径相当于 1 μ m 左右。

(南京医科大学 程 光)

第二节 电生理学实验常用仪器

一、示波器

(一) 结构与原理简介

示波器是电生理学实验中最常用的仪器之一，它具有输入阻抗高，频响好，显示直观等特点。通常它可将被测信号的变化用时间函数的形式描绘在荧光屏上，即荧光屏上垂直方向代表信号振幅的大小，水平方向代表时间。根据示波器荧光屏余辉时间的长短，可分为长余辉示波器（如SB-14，SR-071A等）；中余辉示波器（如SBR-1）以及短余辉示波器。

示波器由示波管、扫描系统、垂直放大器、水平放大器、电源5个部分组成。其中示波管是示波器的核心部分。以下通过介绍示波管的结构来简要说明示波器的工作原理。

示波管的结构如图2-4所示，它由电子枪、偏转系统、荧光屏组成。电子枪是由灯丝、阴极、控制栅极、第一阳极、第二阳极构成。灯丝和阴极用于产生电子；控制栅极则控制电子的数量。第一阳极和第二阳极是使电子束加速和聚焦。故电子枪是用于产生高速且被聚焦的电子束。偏转系统是由一对垂直偏转板和一对水平偏转板组成。通常垂直偏转板上加的是被测信号，水平偏转板上加的是由扫描电路产生的锯齿波电压。锯齿波电压的特点是在一个周期内，电压从初始值开始随时间作线性增大，当电压达到最大值时又快速回到初始值，开始下一个周期。当只在水平偏转板上加锯齿波电压时，就会在荧光屏上看到光点自左向右匀速水平移动，这是由于电子束在通过偏转系统时，受到水平偏转板间电场力的作用，使其行进路线发生偏移的结果。光点平移到荧光屏右端时，对应锯齿波电压达到最大值，接着快速回到初始值，开始下一个周期。而在荧光屏上则可看到光点

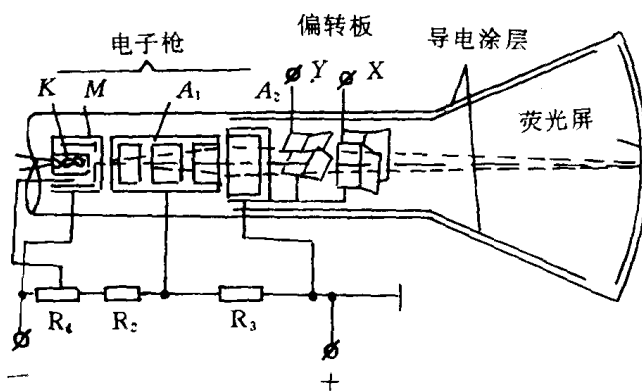


图2-4 示波管的结构

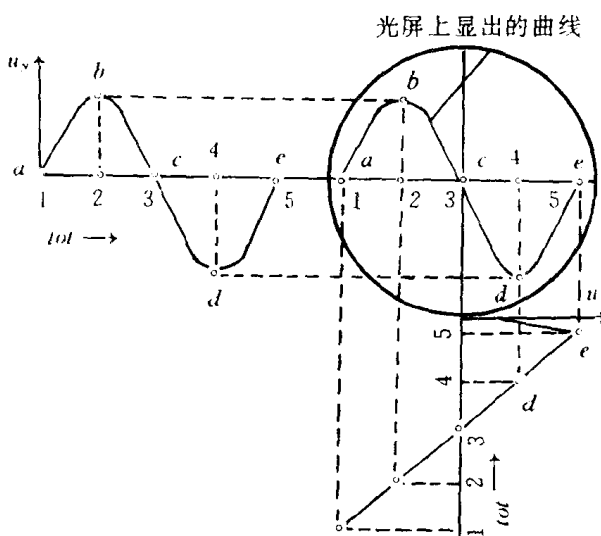


图2-5 示波器波形显示原理图

电压达到最大值，接着快速回到初始值，开始下一个周期。而在荧光屏上则可看到光点

又一次从左端开始向右移动。因此，水平偏转板上锯齿波电压的一个周期，就对应着荧光屏上的一次扫描过程。如果同时在垂直偏转板上加上被测信号，则电子束将在两个互相垂直的电场力的作用下沿合力方向偏转，从而将被测信号的波形显示在荧光屏上（图 2-5）。为了在荧光屏上获得稳定的波形，还必须使锯齿波电压的周期与被测信号的周期相一致或者成整数倍关系。即：锯齿波电压周期/被测信号周期= n 。

n 必须是大于等于 1 的整数。因为当 n 不为整数时，相对于被测信号来说，每次扫描的起点将不一样。这样，荧光屏上的图形将不断移动，所显示的波形不稳定，影响测量。保证 n 为整数的过程称为“同步”。在示波器中，通常利用被测信号或与被测信号相关的其它信号去控制锯齿波电压发生器，即触发扫描。最常见的是用刺激器的同步信号触发示波器扫描。

（二）面板控制旋钮的作用

1. 示波管控制部分

（1）**聚焦**：该旋钮通过改变电子枪第一阳极的电压来改变电子束的聚焦状态。当电子束聚焦在荧光屏上时，光点最细最清晰，反之则模糊不清。

（2）**辉度**：用于调节荧光屏上图形的明亮程度。该作用是通过改变电子枪上控制栅极的电压，从而控制轰击荧光屏电子的数量来实现的。

（3）**标尺亮度**：用于调节荧光屏前的坐标面板的亮度，便于对示波器显示的波形进行测量。

2. 时基部分

（1）**扫描速度**：（时间/厘米）：它是一个多档旋钮，用来调节光点的水平扫描速度。

（2）触发选择：

1) **外触发**：触发信号来源于示波器以外的独立触发源，如电子刺激器的同步输出。这种触发方式一般用于观察由电刺激引起的生物电活动。

2) **内触发**：触发信号来源于 Y 轴放大器，即通过示波器内部电路将欲观察的信号的某一部分经整形产生触发信号，触发示波器扫描。内触发又分为“上线”和“下线”两种，分别表示触发信号来源于上线或下线。

内、外触发又各自分为“AC”和“DC”两档，触发信号频率较高时，可选“AC”；反之，宜选“DC”。

3) **电源触发**：触发信号来自 50Hz 的交流电源。这种触发方式对从被测信号中分辨市电干扰非常有利。

（3）**触发电平**：用来调节触发电位的幅度，在 SBR-1 型示波器上，该旋钮与扫描方式钮合一。当置于连续时，光点按扫描速度控制钮所指示的速度往复扫描；当置于自动时，若此时无触发信号或触发信号小于 50Hz，则光点自动扫描；当触发信号大于 50Hz 时，则示波器受触发信号控制而扫描。

3. X 轴部分

（1）**水平移位**：调节光点在荧光屏上的水平位置。

（2）**X 轴作用**：置于正常（ $\times 1$ ）时，为不扩展扫描。置于 $\times 2$ 或其它档时，则示波器扫描速度作 $\times 2$ 或相应扩展。置于“外接”各档时，X 轴放大器呈外接状态，此时加在