



西安交通大学

本科“十二五”规划教材
“985”工程三期重点建设实验系列教材

生理学实验简明教程

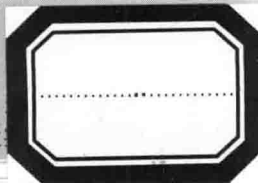
徐晓宙 刘学良 主编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

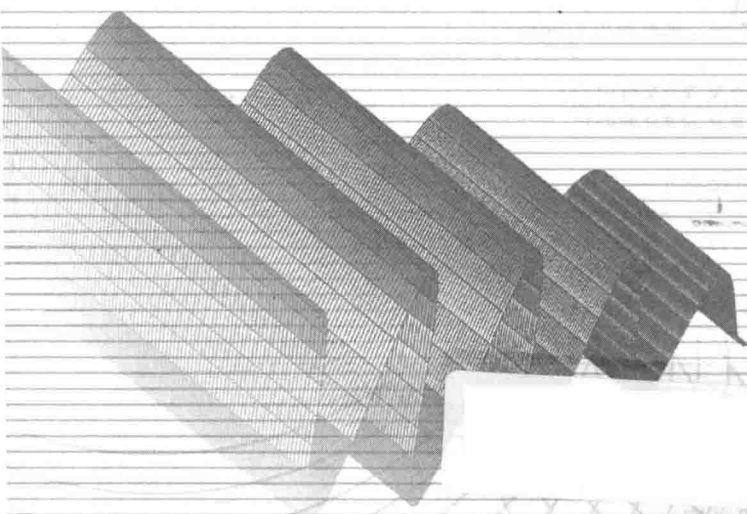


西安交通大学 本科“十二五”
“985”工程三期重点建设



生理学实验简明教程

徐晓宙 刘学良 主编



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

生理学实验简明教程/徐晓宙等主编. —西安:西安
交通大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5605-5209-5

I. ①生… II. ①徐… III. ①生理学-实验-医学院
校-教学参考资料 IV. ①Q4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 087716 号
策 划 程光旭 成永红 徐忠锋

书 名 生理学实验简明教程
主 编 徐晓宙 刘学良
责任编辑 王坤 吴杰

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtpress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西丰源印务有限责任公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印张 7.25 字数 126 千字
版次印次 2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-5209-5/Q·13
定 价 18.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82668519
读者信箱:xjtpmress@163.com

版权所有 侵权必究

编审委员会

主 任 冯博琴

委 员 （按姓氏笔画排序）

邓建国 何茂刚 张建保 陈雪峰

罗先觉 郑智平 徐忠铎 黄 辰

Proface 序

教育部《关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高〔2012〕4号)第八条“强化实践育人环节”指出,要制定加强高校实践育人工作的办法。《意见》要求高校分类制订实践教学标准;增加实践教学比重,确保各类专业实践教学必要的学分(学时);组织编写一批优秀实验教材;重点建设一批国家级实验教学示范中心、国家大学生校外实践教育基地……。这一被我们习惯称之为“质量30条”的文件,“实践育人”被专门列了一条,意义深远。

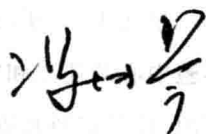
目前,我国正处在努力建设人才资源强国的关键时期,高等学校更需具备战略性眼光,从造就强国之才的长远观点出发,重新审视实验教学的定位。事实上,精心设计的实验教学更适合承担起培养多学科综合素质人才的重任,为培养复合型创新人才服务。

早在1995年,西安交通大学就率先提出创建基础教学实验中心的构想,通过实验中心的建立和完善,将基本知识、基本技能、实验能力训练融为一炉,实现教师资源、设备资源和管理人员一体化管理,突破以课程或专业设置实验室的传统管理模式,向根据学科群组建基础实验和跨学科专业基础实验大平台的模式转变。以此为起点,学校以高素质创新人才培养为核心,相继建成8个国家级、6个省级实验教学示范中心和16个校级实验教学中心,形成了重点学科有布局的国家、省、校三级实验教学中心体系。2012年7月,学校从“985工程”三期重点建设经费中专门划拨经费资助立项系列实验教材,并纳入到“西安交通大学本科‘十二五’规划教材”系列,反映了学校对实验教学的重视。从教材的立项到建设,教师们热情相当高,经过近一年的努力,这批教材已见端倪。

我很高兴地看到这次立项教材有几个优点：一是覆盖面较宽，能确实解决实验教学中的一些问题，系列实验教材涉及全校 12 个学院和一批重要的课程；二是质量有保证，90% 的教材都是在多年使用的讲义的基础上编写而成的，教材的作者大多是具有丰富教学经验的一线教师，新教材贴近教学实际；三是按西安交大《2010 版本科培养方案》编写，紧密结合学校当前教学方案，符合西安交大人才培养规格和学科特色。

最后，我要向这些作者表示感谢，对他们的奉献表示敬意，并期望这些书能受到学生欢迎，同时希望作者不断改版，形成精品，为中国的高等教育做出贡献。

西安交通大学教授
国家级教学名师



2013 年 6 月 1 日

Foreword 前言

为了配合我校生物医学工程和生物等专业开设的《医学基础》和《普通生理学》理论课程,适应和满足教学的需求,我们编写了《生理学实验简明教程》。

全书共分上下两篇。上篇为生理学实验总论,系统地介绍了生理学实验的目的和要求、实验方法、实验结果的处理分析方法、实验报告的书写以及常用实验仪器和药品、生理学实验基本操作技术等。下篇为生理学操作性实验,详细介绍了20个生理学实验的实验目的、原理、步骤、观察项目和注意事项等。

由于时间仓促,本书中可能存在一些不妥之处,有待于在今后的教学实践中不断修改、充实和完善,故敬请读者批评指正,以使本书能够更好地满足医学基础实验系列课程的教学需要。

编者

2013年6月

Contents 目录

上篇 生理学实验总论

第一章 绪论	(002)
一、生理学实验的目的和基本要求	(002)
二、实验方法、结果记录与分析 and 实验报告的书写	(003)
第二章 常用实验仪器	(006)
一、刺激系统	(006)
二、探测系统	(008)
三、信号调节放大系统	(010)
四、显示与记录系统	(011)
五、生物机能实验系统	(011)
第三章 常用实验器械、溶液与药品	(023)
一、常用手术器械	(023)
二、常用生理溶液及其配制	(026)
三、常用药物	(027)
第四章 实验动物	(031)
一、实验动物的分类	(031)
二、实验动物的种类和特性	(033)
三、实验动物的选择和准备	(035)
四、动物的麻醉	(036)
五、动物的固定	(039)
六、实验动物异常情况的急救	(040)
七、实验动物的处死方法	(041)

第五章 实验研究	(042)
一、科研选题原则	(042)
二、实验设计	(043)

下篇 生理学操作性实验

实验一 坐骨神经-腓肠肌标本制备	(048)
实验二 神经干动作电位的测定	(052)
实验三 神经兴奋传导速度的测定	(055)
实验四 神经兴奋不应期的测定	(057)
实验五 刺激强度对肌肉收缩的影响	(060)
实验六 刺激频率对肌肉收缩的影响	(064)
实验七 脊髓反射	(067)
实验八 大脑皮质的诱发电位	(070)
实验九 视野的测定	(073)
实验十 生理盲点的测定	(075)
实验十一 声音的传导途径的检测	(077)
实验十二 红细胞渗透脆性测定	(079)
实验十三 血型鉴定与交叉配血	(081)
实验十四 蛙心起搏点的观察	(084)
实验十五 期前收缩与代偿间歇	(087)
实验十六 离体蛙心灌流	(090)
实验十七 动脉血压的调节	(094)
实验十八 呼吸运动的调节	(099)
实验十九 胃肠运动的调节	(102)
实验二十 尿液生成的影响因素	(104)

上篇

生理学实验总论

SHENGLIXUESHIXIYANZONGLUN

第一章

绪论

一、生理学实验的目的和基本要求

1. 实验的目的

(1)通过实验教学训练可以掌握生理学实验的基本操作技能和实验设计的基本原则,熟悉常用仪器、器械的使用方法,同时验证和巩固理论课所学的基本理论。

(2)通过对实验的观察、记录和实验数据的分析,培养学生实事求是、严谨的科学作风和严密的科学思维方法,以及团结协作的精神。

(3)通过学习实验课程中的新技术和新方法,启发和培养学生的创新思维,为培养学生的科学研究能力奠定良好的基础。

2. 实验课的基本要求

医学基础实验除了验证和巩固基础理论之外,还需学会科学的思维方法,通过分析实验中所观察到的现象和结果,培养科学研究的能力。为了提高实验课的教学质量,需要教师和学生共同努力配合,希望参加实验课的学生必须做到以下几点。

实验前

(1)仔细阅读《生理学实验简明教程》中的有关内容,了解本次实验的目的、要求,充分理解实验原理,熟悉实验项目、操作步骤和程序,了解实验的注意事项。

(2)结合实验阅读相关理论知识,必要时还需查阅一些资料,做到充分理解实验原理与方法,以提高实验过程中的主动性和效率,并可进一步巩固所学的有关理论知识。

(3)注意和估计实验中可能发生的误差。

实验时

(1)保持安静,遵守实验室规章制度。

(2)按照实验方法和步骤进行实验。以严肃认真的态度循序操作,要爱惜实验动物和标本,爱护仪器和手术器械,节省器材和药品。

(3)要以严谨、实事求是的科学态度,认真、仔细和耐心地观察整个实验过程中所出现的现象,认真记录实验结果,并加上必要的标记、文字说明。实验过程中要思考可能会出现的实验结果,分析这些结果有何意义。若出现非预期结果,应分析其原因,尽可能地及时解决。

(4)实验过程中要有耐心,必须等前一项实验基本恢复正常后才能进行下一项实验。注意观察实验的全过程。

实验后

(1)实验完成后要及时关闭仪器和设备的电源。将实验器材清洗干净,整理实验器具,若有损坏短少应立即报告负责教师。

(2)及时整理实验记录,分析实验结果,得出实验结论。

(3)认真撰写实验报告,按时送交指导教师评阅。

二、实验方法、结果记录与分析和实验报告的书写

1. 实验方法

为了研究完整人体或某一系统、器官、细胞的某一特定生理活动,往往会给人体带来一定的损害,甚至危及生命,因此生理学实验材料主要选用动物,或在不影响人体健康的情况下,才允许在人体进行实验。

生理学实验研究方法分为急性动物实验和慢性动物实验两种。

(1)急性动物实验

本实验是选择动物的整体或离体标本,或先给动物机体造成损伤,然后在短期内观察机体或器官所发生的变化。由于此方法可在较短的时间内获得实验结果,并能及时阐明一些生理现象和理论,故在教学实验中常用。

1)急性整体动物实验 是指在整体水平上研究心血管、呼吸、泌尿和消化功能及其神经-体液调节的实验方法,属于活体解剖实验方法。它是生理学实验中常用的实验方法,也是近似于生理情况下进行的一种实验方法,适用于综合性研究,所得结果较为全面。由于整体动物实验受机体神经-体液的调节和各种复杂因素的干扰,对深入了解药物作用的本质和各种变化的内在规律较难,所以要进一步分析药物作用机制还需结合离体实验。

急性整体动物实验方法是在动物处于麻醉状态或破坏大脑的条件下,对其进行活体解剖,按照实验的需要可以分离血管或神经,打开胸腔或腹腔,以便观察组织、器官机能对某种外加因素的反应和变化规律,如观察血压、呼吸或胃肠运动等。此实验方法简单,条件易于控制,有利于观察器官间的相互关系和分析某一器官功能活动过程与特点。由于此实验方法是动物在全身麻醉或局部麻醉下进行实验,动物已失去了知觉,同时破坏了机体与外界的相互作用,所以它所反映的功能活动

与正常情况下的功能仍有一定的差别。

急性整体动物实验常用于神经的刺激效应、动脉血压的测定、呼吸运动的调节、消化和泌尿功能的测定等。

2) 急性离体动物实验 是将动物的某些器官或组织从活着或刚死去的动物体内取出放入特定的人工环境中,以确保脏器或组织维持正常活动状态,再借助于生理仪器研究某一组织或器官的生理功能、病理变化,以及各种药物对生理、生化和形态变化的影响,属于离体器官、组织实验,如神经干动作电位及其传导速度的测定、神经兴奋不应期的测定、肌肉的单收缩和复合收缩、蛙心灌流等。

急性离体动物实验方法可以排除在整体情况下体内各种复杂因素的干扰,直接观测离体标本的各项指标。由于各种施加因素可以人为调节,实验环境可严格控制,并选择精确的研究方法,这样有利于分析作用机制以及对药物的药效做定量分析研究,可以比较明确地确定某种因素与特定生理反应的关系,并获得准确的结果。急性离体实验方法也存在一定的缺点和局限性。由于离体标本失去了机体完整统一的内环境和神经-体液调节作用,失去了体内各种组织、细胞之间的正常比例和相互关系,与正常整体情况相距较远,易受外环境各种因素的干扰,所以不能用于研究药物对精神状态方面的作用。

(2) 慢性动物实验

慢性动物实验是以完整、健康的动物作为对象,在无菌条件下,对动物施行一定的实验手术(如各种脏器切除或移植),然后在动物处于清醒状态并恢复健康后,再观察动物整体活动或某一器官对于体内情况或外界条件变化时的反应。通过慢性动物实验可以复制各种疾病模型,研究和观察疾病的发生、发展规律或各种实验性治疗的效果。

慢性动物实验的最大优点是保持了实验动物机体的完整及其与外界环境的统一性,实验动物处于比较接近自然的状态,所以观察到的实验结果比较符合客观实际,也比较准确可靠。由于慢性动物实验观察的时间长,实验成本和技术要求高,影响因素也较多,有一定的难度,所以在教学过程中较少采用,主要用于科学研究之中。

2. 结果记录与分析

对实验结果和数据的记录必须本着实事求是的态度,在整理过程中必须避免对实验记录和数据进行有意、人为的删改。最后根据实验要求分析实验结果,并结合理论知识得出正确的实验结论。

3. 实验报告的撰写

实验课中无论是学生自行操作还是示教的实验项目,每一位学生都应按照实

验的具体内容独立、认真地完成实验报告。实验报告是对实验的全面总结,是理论联系实际和应用知识的重要环节,是对学生撰写科研论文能力的初步培养,为今后的科学研究可打下良好的基础。

实验报告撰写要求文字简练、条理清楚、观点明确、字迹清楚,正确使用标点符号。实验报告的内容如下。

- (1)姓名、班级、日期。
- (2)实验序号及实验题目。
- (3)实验目的:进行简明扼要的说明。
- (4)实验原理。
- (5)实验对象。
- (6)实验方法与步骤:一般不必详述,仅作简短说明,但观察项目要详细说明。
- (7)实验结果:实验结果是实验中最为重要的部分,对于在实验过程中所观察到的现象必须真实、正确、详细地描述,实验中的每一项观察都应随时记录。实验结束后,根据记录填写实验报告,不可单凭记忆,否则容易发生错误或遗漏。
- (8)实验讨论和结论:实验讨论是根据已知理论知识对实验结果进行解释、分析和逻辑论证,并指出实验结果的生理意义,如果出现和预期结果相矛盾的地方,应分析其产生的原因;实验结论是从实验结果中归纳出一般的、概括性的推理,即对本次实验所能验证的概念、原则或理论的简明总结,结论的书写要简明扼要,概括性强,不必再罗列具体的结果,也不要轻易推论和引伸。

实验讨论和结论的书写是富有创造性的工作,应严肃认真,不应盲目抄袭书本和他人的作品。

第二章

常用实验仪器

随着科学技术的发展,先进的科学仪器设备在动物生理学研究 and 实验中被广泛地应用。借助于科学仪器,我们对生命活动的本质有了更为深刻的了解和认识。因此在生理学实验中,学习和熟悉动物生理学实验常用仪器、设备的使用和操作方法是十分重要的。

实验中所需获得的生物信息可借助于生理学实验仪器组合后得到。生理学实验仪器一般由四大系统组成,即刺激系统、探测系统、信号调节放大系统和显示与记录系统(图 1)。

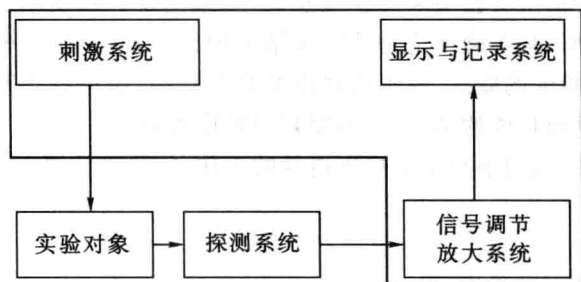


图 1 生理学实验仪器基本配置关系

一、刺激系统

刺激系统是对所研究的对象施加刺激,并可引起其生理功能变化(即产生兴奋)的一套仪器设备。多种刺激因素(如光、声、电、温度、机械及化学因素)都可使组织兴奋,产生生理活动的变化。在生理实验中应用最多的刺激属于电刺激,因为电刺激较容易控制,对组织没有或损伤很小,便于引导,并可重复使用。

电刺激系统由电子刺激器、刺激隔离器和各种电极组成。

1. 锌铜弓

锌铜弓是一个带有简单锌铜电化学电池的双极刺激电极,常被用作检验神经-肌肉标本兴奋性的简便装置(图 2)。

锌铜弓是由一锌片及铜片的一端相连,而另一端分离所制得弓状或镊子状的实验用具。当锌铜弓的游离端浸在电解质溶液中时,锌片表面形成内负外正的双电层,在铜片表面形成内正外负的双电层,它们与溶液之间产生电位差。当锌铜弓的两游离端接触表面湿润的神经或组织时,由于锌比铜活泼,易失去电子形成正极,而铜易得到电子成为负极,使细胞膜去极化而兴奋,所以电流便沿锌→组织→铜的方向流动,而在负极下(铜片处)引起一次组织兴奋;当移开的瞬间,电流方向相反,则在正极下(锌片处)又引起一次组织兴奋。使用时,用少许任氏液润湿,但锌铜弓间不可夹有很多溶液,以免短路。

2. 电子刺激器

电子刺激器是指能发出电脉冲,用以引起组织兴奋的仪器。电刺激在刺激频率、刺激强度及刺激持续时间等方面均易精确控制,故生理实验中常采用电刺激。输出的波形有矩形方波(方波)、三角波、锯齿波、尖波(针形波)等。根据电刺激引起组织兴奋的三个要素(刺激频率、刺激强度和刺激持续时间)均到达最小值的特点,矩形方波上升及下降的速度快,波的前缘刺激电流对生物组织是较为有效的刺激,易控制,通过调节其参数(包括刺激强度、持续时间和刺激频率)可给组织、器官以不同的刺激,因此矩形方波是较好的刺激形式。

电子刺激器的刺激方式有单刺激、双刺激和连续刺激。刺激强度、刺激波宽、刺激频率和延时等参数均可调节。

3. 刺激隔离器

刺激隔离器能隔离掉扩散的刺激电压(电流)以及刺激伪迹的干扰,此外还可以隔离掉刺激器输出的直流成分,避免组织产生极化作用。

刺激伪迹属于干扰信号,是刺激脉冲通过刺激电极与引导电极之间的阻容耦合而进入生物信息采集处理系统的,其前沿代表刺激的开始,后沿代表刺激的结束。在观察电刺激引起的诱发电位时,常可看到刺激伪迹过大,以致影响诱发电位的波形出现畸变。

刺激伪迹的产生是由于刺激电极与引导电极、放大器都具有公共接地点,刺激电极间的电流有一部分会分流到引导电极,因而增加了引导电极与地线之间的电压降;同时一部分交流电波也会通过地线带入记录系统,而将记录仪上的生物电波形完全掩盖。另外,由于刺激器输出的电压(或电流)常比生物信号大得多,因此当刺激电流通过生物标本(相当于一个容积导体)时,会有一部分电流弥散到记录电

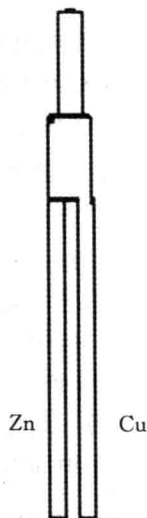


图2 锌铜弓示意图

极与生物信号产生总和。每当刺激脉冲到达标本时,即对该容积导体的电容产生微弱的充电电流,刺激脉冲终止时该容积导体的电容又放电,产生一个放大电流。这两个电流先后流经放大器的引导电极时,便可在生物信号出现之前出现一个很大的刺激伪迹,甚至使生物信号变形失真。离刺激电极越近,刺激伪迹越高。

4. 刺激电极

(1) 普通电极

普通电极系两根银丝装在绝缘套管内,一端通过电线与电子刺激器输出端相连,以引导电刺激脉冲;另一端使银丝裸露少许,以与组织接触而施加刺激。

(2) 保护电极

在保护电极中,两根银丝装在绝缘套管内,一端通过电线与电子刺激器输出端相连,另一端挖有空槽,银丝在槽内裸露少许。保护电极主要用于刺激在体的神经干,以保护周围组织免受刺激。

二、探测系统

生理信号需要通过一定的探测系统装置将其引导到显示、记录仪器上。生理信号分为电信号与非电信号两大类。如果生理信号是电信号,如心脏活动产生心电,神经和肌肉组织兴奋时产生动作电位等,可通过引导系统的引导电极而获得;如果生理信号是以其他能量形式表现出来时,如机械收缩、呼吸、血压、温度和某种化学成分变化等,都必须通过一定的装置将非电量的变化转变为电量变化,然后再经过放大、记录或显示。对于这些非电的生物信号及活动,都需要各种类型的换能器来实现。

1. 测量电极

测量电极将生物机体产生的生物电变化引出来,即将离子流转换为电子流,然后送到放大器的输入端进行放大。测量电极一般有金属电极和玻璃微电极两类。

(1) 金属电极

金属电极可用银、铂和不锈钢等金属制作而成,有单极、双级和多级等类型,可记录一群细胞的电活动。

(2) 玻璃微电极

玻璃微电极是由一根尖端外径 $1\mu\text{m}$ 左右的锥形微玻璃管中灌有能导电的溶液(通常用 3mol/L KCl 溶液)制成。用于细胞外记录时,其尖端为 $1\sim 5\mu\text{m}$,如记录神经元放电;用于细胞内记录时,其尖端小于 $0.5\mu\text{m}$,如记录细胞的膜电位和动作电位。玻璃微电极还可广泛用于神经细胞、骨骼肌细胞、心肌和平滑肌细胞、腺细胞和各种感受器等的研究。