



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# Laboratory Manual in Animal Physiology

# 动物生理学实验

第2版

杨秀平 肖向红 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press



高等教育出版社

Experimental Manual

in Animal Physiology

动物生理学实验

第2版

· 实验指导 ·

· 实验指导 ·

· 实验指导 ·

· 实验指导 ·

· 实验指导 ·

· 实验指导 ·



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Laboratory Manual in Animal Physiology

# 动物生理学实验

第2版

杨秀平 肖向红 主编

编者 (按拼音顺序排列)

柴龙会 (东北林业大学)

杜 荣 (山西农业大学)

李大鹏 (华中农业大学)

秦 健 (山西农业大学)

王丙云 (广州佛山科学技术学院)

魏 华 (上海水产大学)

肖向红 (东北林业大学)

张晶钰 (东北林业大学)

陈胜锋 (广州佛山科学技术学院)

郭慧君 (山东农业大学)

柳风祥 (山东农业大学)

曲宪成 (上海海洋大学)

王春阳 (山东农业大学)

伍晓雄 (华中农业大学)

杨秀平 (华中农业大学)

张维民 (华中农业大学)



高等教育出版社

Higher Education Press

# 第 1 版前言

随着高等农、林、水产院校本科生物系列课程教学改革的不断深入,“动物生理学”课程的教学内容、教学要求及教学设备有了很大的改变,急需编写一本既能满足高等农、林、水产院校等专业需要,又能适应现代科学技术发展水平的《动物生理学实验》教材。我们在编写面向 21 世纪课程教材《动物生理学》的基础上编写了与之相配套的《动物生理学实验》。

《动物生理学实验》和教材《动物生理学》一样具有适应面广、实用性强、结构系统完整、内容新颖和超前性的特点:

1. 该书的实验对象涉及鱼类、两栖类、鸟(禽)类、哺乳类等脊椎动物达 11 种之多,对 9 个器官系统遴选出 76 个实验,这对高等农、林、水产院校本、专科各专业的需要具有一定的选择余地;对其相关的动物生理的研究也具有较好的指导作用。

2. 该书以实验基本操作技术(包括动物的捉拿、固定、用药方法、麻醉、插管、手术、处死等)为基础;以现代电子科学技术,特别是计算机生物信号采集处理技术(包括刺激、换能、放大、显示、记录结果及处理等)为主要手段;以现代实验教学不仅是传授知识、验证理论,更为重要的是对学生能力、综合素质的培养为宗旨,加强了实验教学体系的理论教学内容,初步形成了独立的动物生理学实验教学体系。

该书对经典的生理实验内容进行了合理的保留和删节,增加了一些综合性实验和设计性实验,在此基础上还比较系统地介绍了生理科学研究、科学论文撰写的基本程序和要求,由浅入深,循序渐进。这对学生牢固掌握生理学理论,培养学生创造(新)性,提高学生自学和动手能力、综合分析思维能力等无疑是非常重要的。

该书由 5 所高等农、林、水产院校 14 位教师编写,南京农业大学韩正康教授担任顾问,中国农业大学乔惠理教授和大连水产学院桂远明教授担任审稿。他们中间既有多从事动物生理学研究、理论和实验教学实践与改革的专家、教授,也有充实到动物生理学教师队伍中的青年教师。他们以老带新,以新促学,互教互学,合作统一。其大致的分工是:华中农业大学负责第 1、2、5、9、10、12 各章;东北林业大学负责第 4、7、11 各章;山东农业大学负责第 3、8、11 各章;上海水产大学负责第 1、3、6、8 各章;西北农林科技大学负责第 3、13 各章。

由于该书涉及多个学科和新的科学技术,因此对某一个概念的习惯性提法和理解的角度可能会各有所异,加之我们的水平有限,书中难免有些错误,我们恳切希望读者能对此书提出宝贵意见,以便再版时改进。

编 者

2003 年 7 月于武汉

## 第 2 版前言

《动物生理学实验》(第 2 版)是面向 21 世纪课程教材《动物生理学》(第 2 版)的配套教材。这本实验教材是我们经历了一段面向 21 世纪教育教学改革研究与实践之后,对现代教育教学人才培养的思想有了一定认识的基础上进行编写的。其内容和思路反映出我们开始注意到了对学生实践能力和创新意识的培养,加强了基本技术的训练;增加和设置了一些综合性和设计性实验的内容。

《动物生理学实验》(第 2 版)分三个部分:第一部分总论,为基础性实验技术、技能的训练及重要的仪器设备的应用。第二部分各论是经典的基础性和综合性实验(两个或多个生理指标的同时观察、记录),对学生进行生理学实验技能与技术、分析问题能力的训练;配合各章内容而设置的设计性实验,能引导学生发散思维或反向思考,自发提出新的观测点的设计。第三部分为综合设计性实验和实验新技术,是一些涉及多个组织、器官、系统的综合性实验,通过实验观察、综合比较,使学生能进一步理解各研究对象的生命活动特征和相互制约的功能关系,建立生命活动整体性观点;利用不同学科的实验方法来研究生理学上的一个问题,达到相互佐证,得出较为全面、正确的结论;多个学科中方法相似、理论相关的实验有机地结合,从不同角度解释机体的机能性活动;拟提高学生观察、分析、综合、独立思考和解决问题的能力,培养辩证、科学的逻辑思维方式,培养学生科学研究的兴趣和能力。该书在第 1 版基础上删减了陈旧过时的仪器设备的使用和介绍以及陈旧、不必要的经典实验,增加并介绍了较能普遍应用于生理学研究中的现代生物实验技术及其实验。

书后附有学习卡,能引导学生进入《动物生理学实验》资源网站进行学习。该网站不仅提供了《动物生理学实验》示范教学录像,对动物生理学基本实验操作和经典实验步骤进行了简略的示范,以便规范实验操作、加强能力训练和提高实验教学质量;还以 Word 文档格式对纸质教材中的总论及各论中相应的内容进行了进一步的深入与拓展性的说明,提供必要的实验背景资料、关键技术、容易进入的误区的提示与说明,提出教学建议,使教师能及早做好课前准备,以提高课堂教学质量;对学生的自学、开展科技创新性研究提供必要的参考资料。

该书由 6 所高等农林水产院校 16 位教师参加编写,他们多年从事于动物生理学教学,工作于科学研究第一线。他们丰富的教学和科学研究实践经验及认真的工作态度,是本书质量的保证。在编写的过程中充分注意和综合了各校的专业特点和长处,并进行了大致的分工:华中农业大学负责第 1、2、3、5、6、7、9、10、11、13、14、15 章,上海海洋大学负责第 3、5、6、7、8 章,东北林业大学负责第 4、7、11、14、15 章,山东农业大学负责 3、8、11、14 章,广东佛山科学技术学院负责 3、10、12 章,山西农业大学负责 10、13 章。该书在编写过程中受到所在院校各方面的大力支持,特别要感谢梁宇君博士提供了宝贵的实验资料,张桂蓉、汤蓉女士参加了部分实验的教学录像。

该书主要面向全国高等农林、水产院校的动物生产类(含畜牧、水产养殖、名贵经济动物养殖)、动物医学、野生动物与自然保护区管理、动物科学及生物技术等专业的本科学生。也可作为综合性大学、师范院校生物专业本科生、研究生教学用书和科技工作者进行科

学研究的参考书。

由于该书涉及多个学科和新的科学技术,因此对某一个概念的习惯性提法和理解的角度可能会有所差异,加之我们的水平有限,书中难免有些错误,我们恳切希望读者能对此书提出宝贵意见,以便再版时改进。

编 者

2009年3月于武汉

# 目 录

## 第一部分 总 论

<b>第 1 章 绪论</b> .....	3	<b>第 3 章 动物生理学实验的基本操作技术</b> ...	20
1.1 动物生理学实验及其方法 .....	3	3.1 动物生理学实验常用手术器械 ...	20
1.2 动物生理学实验课的教学 内容和目的 .....	4	3.2 实验动物及其选择 .....	24
1.3 动物生理学实验课的要求 .....	4	3.3 实验动物的编号、捉拿、固定方法 ...	26
1.4 动物生理学实验报告的撰写 .....	5	3.4 实验动物的给药方法 .....	31
<b>第 2 章 动物生理学实验常用仪器、设备</b> ...	7	3.5 动物的麻醉 .....	34
2.1 刺激系统 .....	8	3.6 实验动物的采(取)血与处死方法 ...	36
2.2 引导、换能系统 .....	12	3.7 组织分离和插管术 .....	41
2.3 信号调节放大系统——生物 电放大器 .....	14	3.8 动物实验意外事故的处理 .....	47
2.4 显示与记录系统 .....	14	<b>第 4 章 动物生理学研究性实验的 基础知识</b> .....	49
2.5 计算机生物信号采集处理系统在 生理学实验中的应用 .....	15	4.1 动物生理学实验设计 .....	49
		4.2 生理学实验研究论文的撰写与 答辩 .....	56

## 第二部分 各 论

<b>第 5 章 细胞的基本功能</b> .....	59	肌肉收缩的综合观察 .....	76
实验 5.1 坐骨神经-腓肠肌标本制备和刺 激强度对肌肉收缩的影响 ...	59	<b>第 6 章 血液生理</b> .....	78
实验 5.2 刺激频率对肌肉收缩的影响 ...	63	实验 6.1 血液部分生理指标测定 系列实验 .....	78
实验 5.3 关于蛙坐骨神经干动作 电位的观察 .....	66	实验 6.2 血细胞计数 .....	83
实验 5.4 神经兴奋不应期的测定 .....	72	实验 6.3 有关血液凝固特性的 系列实验 .....	86
实验 5.5 引起神经兴奋的矩形方波刺 激的强度和持续时间关系的 测量(实验设计,选做) .....	75	实验 6.4 ABO 血型鉴定和交叉 配血试验 .....	89
实验 5.6 蛙坐骨神经-腓肠肌标本中 神经、肌肉兴奋时的电活动和		实验 6.5 有关血型的测定(实验设计) ...	91
		实验 6.6 雄性激素对红细胞数量的 影响(实验设计,选做) .....	92

<b>第7章 血液循环生理</b> .....	93	实验 9.2 在体小肠肌电活动及收缩运动的 同时记录 .....	155
实验 7.1 蛙心起搏点观察 .....	93	实验 9.3 唾液、胰液和胆汁的分泌 ..	157
实验 7.2 心肌收缩特性的观察 .....	95	实验 9.4 大白鼠胃液分泌的调节 ..	160
实验 7.3 离子及药物对离体蛙心脏活 动的影 响 .....	100	实验 9.5 家禽的食管切开术与假饲 实验 .....	162
实验 7.4 蛙心电图和容积导体的 导电规律 .....	105	实验 9.6 瘤胃内容物在显微镜下的 观察 .....	165
实验 7.5 动物的心电图描记 .....	107	实验 9.7 反刍的机制 .....	166
实验 7.6 在体蛙心肌动作电位、心电 图及收缩曲线的同步描记 .....	111	实验 9.8 小肠吸收与渗透压的 关系 .....	167
实验 7.7 蛙类微循环观察 .....	113	实验 9.9 离体小肠的吸收实验 .....	168
实验 7.8 交感神经对血管和瞳孔的 作用 .....	115	实验 9.10 外源性缩胆囊素对动物摄 食行为的调控(实验设计) ..	170
实验 7.9 血压的测定及心血管 活动的神经体液调节 .....	116	<b>第10章 能量代谢与体温调节生理</b> .....	172
实验 7.10 家兔心电图与左室内压的 同步记录 .....	127	实验 10.1 哺乳动物耗能量的 测定 .....	172
实验 7.11 影响心输出量的因素 (实验设计,选做) .....	129	实验 10.2 温度对鱼类耗氧量的 影响 .....	174
<b>第8章 呼吸生理</b> .....	133	实验 10.3 毁损下丘脑对家兔体温 的影响 .....	176
实验 8.1 大鼠离体肺静态顺应性的 测定 .....	133	<b>第11章 泌尿与渗透压调节生理</b> .....	179
实验 8.2 呼吸运动的调节 .....	135	实验 11.1 尿生成的调节 .....	179
实验 8.3 刺激兔第四脑室底对呼吸 运动、胸内负压、血压及膈 神经放电的影响 .....	139	实验 11.2 肾小球血流的观察 .....	182
实验 8.4 鱼类呼吸运动及重金属离子 对鱼类洗涤频率的影响 ..	143	实验 11.3 鱼类渗透压调节 .....	183
实验 8.5 某污染物质(X)对离体鱼头 呼吸中枢的影响(选做) ..	144	实验 11.4 循环、呼吸、泌尿综合 实验 .....	184
实验 8.6 大鼠(无创)血压、心电、呼 吸和膈肌电活动的同步记录 (综合性实验,选做) .....	146	<b>第12章 神经与感觉生理</b> .....	187
<b>第9章 消化生理</b> .....	150	实验 12.1 脊髓反射的基本特征和 反射弧的分析 .....	187
实验 9.1 胃肠道运动的观察和离体 小肠平滑肌的生理特性 ..	150	实验 12.2 大脑皮质运动机能定位和 去大脑僵直 .....	189
		实验 12.3 去小脑动物的观察 .....	192
		实验 12.4 肌梭传入冲动的观察 .....	194
		实验 12.5 破坏动物一侧迷路的 效应 .....	196



<b>第 13 章 生殖内分泌生理</b> .....	198	实验 13.6 精子氧耗强度和活力的测定	206
实验 13.1 甲状腺对蝌蚪变态发育的影响	198	实验 13.7 鱼类的应激反应	208
实验 13.2 甲状旁腺切除与骨骼肌痉挛的关系	199	实验 13.8 乳羊的排乳反射	210
实验 13.3 胰岛素、肾上腺素对血糖的影响	201	实验 13.9 促黄体素的放射受体分析法	211
实验 13.4 肾上腺摘除动物的观察	202	实验 13.10 乳中孕酮的酶联免疫测定	213
实验 13.5 性激素生理机能的观察	203	实验 13.11 生长素促进动物生长作用的观察(实验设计,选做)	216

### 第三部分 综合设计性实验及实验新技术

<b>第 14 章 综合设计性实验</b> .....	219	组织学特征及其周期性活动的研究	229
实验 14.1 不同强度和频率的刺激对蛙骨骼肌和心肌收缩的影响	219	实验 14.5 关于下丘脑-垂体-靶腺轴机能关系的实验设计	232
实验 14.2 关于缺氧条件下动物系列生理、生化指标的测定	220	<b>第 15 章 生理学实验新技术</b> .....	233
实验 14.3 甲状腺激素对小白鼠能量代谢的影响	221	实验 15.1 膜片钳实验技术介绍	233
实验 14.4 下丘脑-腺垂体-卵巢轴		实验 15.2 组织切片原位杂交技术介绍	240

## 附 录

<b>附录 1 常用生理溶液、试剂、药物的配制与使用</b> .....	249	<b>附录 2 实验动物的生理指标</b> .....	256
1. 常用生理溶液的成分及配制方法	249	1. 常用实验动物的一般生理常数参考值	256
2. 消毒液、洗液的配制	251	2. 常用实验动物血液学主要生理常数	256
3. 脱毛剂的配制	252	3. 常用实验动物白细胞分类计数参考值	257
4. 特殊试剂的保存方法	252	<b>附录 3 气体及能量代谢的校正与换算表</b> .....	258
5. 常用血液抗凝剂的配制及用法	253		
6. 几种实验动物常用麻醉药物的参考剂量	254		
7. 给药量	255		
<b>参考文献</b> .....	260		

第一部分

# 总 论

- 第 1 章 绪论
- 第 2 章 动物生理学实验常用仪器、设备
- 第 3 章 动物生理学实验的基本操作技术
- 第 4 章 动物生理学研究性实验的基础知识



# 绪 论

# 第 1 章

“生理学”是一门实验性学科,“生理学”的发展和它的每一项新理论的建立都借助于大量的动物实验,并获得了大量实验的支持。因此,学习“动物生理学”必须亲自做一做实验,才能更好地理解和掌握它的基本理论。

## 1.1 动物生理学实验及其方法

动物生理学实验即是利用一定的仪器设备和方法,人为地控制某些因素再现动物机体的某些生命活动过程,或将一些感官难以观察到的内在的、迅速而微小变化着的生命活动展现、记录下来,便于人们观察、分析和研究。

因为“动物生理学”是研究动物机体生命活动(机能)及其规律的一门科学,因此动物生理学实验的对象一般都是机能正常的“活体”,而且这种“活体”的特征在动物机体的整体、器官及细胞等不同水平上有不同的表现形式。

动物生理学实验的方法一般根据动物的组织器官是在整体条件下进行实验,还是将其解剖取下,置于人工环境条件下进行实验,可分为在体实验方法和离体实验方法。

### 1.1.1 离体实验方法

离体实验是根据实验目的和对象的需要,将所需的动物器官或组织按照一定的程序从动物机体上分离下来,置于人工环境中,设法在短时间内保持它的生理机能而进行研究的一种实验方法。此种方法的优点在于能摒弃组织或器官在体内受到的多种生理因素的综合作用,能比较明确地确定某种因素与特定生理反应的关系。但由于离体实验的实验对象已去除了整体时中枢神经的控制,所以离体实验得出的结论还不能直接推广至整体时的情况。

### 1.1.2 在体实验方法

在体实验是在动物处于整体条件下,保持欲研究的器官于正常的解剖位置或从体内除去(拟从反证的角度),研究动物或某器官生理机能的

- 1.1 动物生理学实验及其方法
- 1.2 动物生理学实验课的教学内容和目的
- 1.3 动物生理学实验课的要求
- 1.4 动物生理学实验报告的撰写

实验方法。在体实验又可分为活体解剖实验和慢性实验。

(1) 活体解剖实验 在动物麻醉(或去除脑髓)情况下,对其进行活体解剖,以便观察组织、器官机能在不同情况下的变化规律。这种方法比慢性实验方法简单,易于控制条件,有利于观察器官间的相互关系和分析某一器官机能活动过程与特点,但与正常机能活动仍有一定差别。

(2) 慢性实验 使动物处于清醒状态,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。在慢性实验前,首先必须对动物进行较为严格的消毒、手术,根据实验目的要求,对动物进行一定处理,如导出或去除某个器官,或埋入某种药物、电极等。手术之后,使动物恢复接近正常生活状态,再观察所暴露器官的某些机能、摘除或破坏某器官后产生的生理机能紊乱等。

慢性实验以完整动物为实验对象,所取得的结果能比较客观地反映组织或器官在正常生活时的真实情况,比离体实验有更大的真实性,但是由于动物处于体内各种因素综合控制下,因此,对于实验结果所产生原因比较难以确定。

由于离体实验和活体解剖实验过程不能持久,实验后动物往往不能存活,故又称为急性实验法。急性实验手术毋须进行严格的消毒。

当21世纪基因工程获得突飞猛进发展时,研究基因、蛋白质与细胞、内脏器官机能的关系,成为新时代生理学研究的新热点。

## 1.2 动物生理学实验课的教学内容和目的

“动物生理学”是高等农林、水产院校动物生产类(含畜牧、水产、名贵经济动物养殖)、动物医学、动植物检疫、野生动物与自然保护管理、动物科学及生物技术专业本、专科必修的专业基础课,它将在理论上和实验技能上为后续课程的学习打下必要的基础。

为了适应现代教育、教学思想,融传授知识和能力培养为一体,动物生理学实验课除了讲授经典的生理学实验外,还特别注重对学生的获取知识的能力、观察、分析问题的能力的训练以及科学研究的实事求是作风、严肃认真的工作态度和团结协作精神的培养。因此动物生理学实验课拟使学生通过对经典生理学实验的学习,掌握动物生理学实验的仪器、设备的基本操作,熟悉和掌握动物生理学实验的基本技术,掌握观察、记录实验结果和收集、整理实验数据、编辑实验曲线与图形的方法,学会撰写一般性的实验报告。

通过多个实验项目同时观察或综合性实验,进一步强化、规范实验操作,掌握实验方法;重点培养学生分析、综合和逻辑推理的能力。

通过探索(研究)性实验设计的训练,促进学生的创新思维,使学生掌握实验设计的基本原理、原则;掌握撰写科学研究论文的基本方法,为今后进行科学研究打下良好的基础。

## 1.3 动物生理学实验课的要求

### 1.3.1 实验前

(1) 仔细阅读《动物生理学实验》中的有关内容,了解本次实验的目的、要求,充分理解本次实验的原理,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,必要时还需要查阅一定的资料,做到充分理解实验原理与

方法,力求提高实验课的效果。

(3) 预测本次实验结果,对预测的结果尽可能地作出合理的推测与解释;设计好实验原始记录的表格。

(4) 估计本次实验可能发生的问题,并思考解决问题的应急措施。

(5) 有条件的,可利用网络课堂的视频资料预习本次实验的技术操作要领。

### 1.3.2 实验时

(1) 遵守实验室规则。实验桌上不要放置与实验无关的物品,严禁实验过程中进食和饮水,杜绝危及安全和健康的隐患。

(2) 爱惜实验动物和标本,使其保持良好的兴奋性;节约药品、水、电,确保实验完成。

(3) 操作前注意倾听教师讲解的实验重点和操作要领,按程序正确操作仪器、手术器械,按实验步骤进行实验。

(4) 认真观察和记录实验结果,并加上必要的标记、文字说明;实验过程中还要思考出现了什么样的结果,为什么会有这些结果,这些结果有何意义。若出现非预期结果,还应分析其原因,尽可能地及时解决。

(5) 实验中要有耐心,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。

### 1.3.3 实验后

(1) 实验完成后要及时关闭仪器和设备的电源;按规定整理实验器具,实验动物放在指定地点;做好桌面和教室的清洁卫生;离开实验室前要洗手。

(2) 及时整理实验记录,分析实验结果,作出实验结论。

(3) 认真撰写实验报告,按时交给教师批阅。

有关实验过程的观察、实验结果的记录、处理及表示方法还可参考第4章中有关内容。

## 1.4 动物生理学实验报告的撰写

动物生理学实验课中无论是学生自行操作,还是示范的实验项目,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,是应用知识、理论联系实际的重要环节,是对学生撰写科学论文能力的初步培养,可为今后的科学研究打下良好的基础。

实验报告要文字简练、条理清晰、观点明确、字迹清楚,正确使用标点符号。实验报告可参考以下格式:

#### 动物生理学实验报告

姓名                      班级                      组别                      日期                      室(水)温

实验序号及实验题目

实验原理及目的

实验对象

实验方法

实验结果

讨论和结论

书写实验报告时需要注意以下几点:

(1) 实验目的要求尽可能简明扼要。

(2) 实验原理要求对本次实验设计的基本理论(包括技术路线)的根据进行有重点的简明的叙述。

(3) 实验方法如与《动物生理学实验》所提的方法相同,只需简要写出主要实验步骤,不要抄实验指导。若在实验仪器或方法上有所变动,可将变动之处作简要的说明。

(4) 实验结果是实验报告中最为重要的部分,包括实验所得的原始资料(如血压、呼吸曲线,神经放电波形,心电图、生理生化指标等)。写实验报告就是要根据实验目的将原始数据系统化、条理化,并进行统计学分析(视具体情况而论)。对实验过程中所观察到的现象应忠实、客观地加以描述,描述时需要有时间概念和顺序性,注意系统性和条理性。对记录曲线应进行合理的剪切、归类加以编辑,在实验报告的适当位置进行粘贴,并加以标注和必要的文字说明,如曲线的序号、名称,施加(或撤销)刺激(药物)的标记,刺激及显示、记录的参数(或药物名称、浓度或剂量)、定标单位,效(反)应时程的变化过程。对实验结果的数据,可绘制成图表进行表达(见4.1.4)。在具体写作过程中上述各部分可相互融合,详略得当。

(5) 讨论和结论是实验报告中最具有创造性的工作部分,是学生独立思考、独立工作能力的具体体现,因此,应该严肃、认真,不能盲目抄袭书本和他人的实验报告。讨论的基本思路是以实验结果为论据,论证实验目的。进行实验结果的讨论,首先要判断实验结果是否为预期的,然后根据已掌握的课堂理论或查阅资料所获得的知识,对实验结果进行有针对性的解释、分析,并指出其生理意义。如果出现和预期的结果相矛盾的地方,也应分析其产生的原因。如实验中尚有遗留问题没有解决,学生可尽可能地对问题的关键提出自己的见解。绝对不可以修改实验结果来迎合理论,更不能用已知的理论或生活经验硬套在实验结果上,也不要简单重复教材上的理论知识。

实验的结论是从实验结果中进一步归纳出来的一般性、概括性的判断,即对本次实验所能验证的概念、原则或理论的简明总结。结论应与本次实验的目的相呼应。结论的书写要简明扼要,概括性强,不必要再罗列具体的结果,也不要轻易推论和引申。实验中未能得到充分论证的理论分析不要写入结论。所引用的课外参考资料应注明出处。

(魏 华 杨秀平)

# 动物生理学实验常用仪器、设备

## 第2章

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中被广泛运用,才使我们对生命活动有了更为本质的认识。因此,学习和掌握动物生理学实验常用仪器、设备的使用方法,对做好动物生理学实验也十分重要。进行动物生理学实验所需的仪器总体上可分为四大系统(图2-1)。

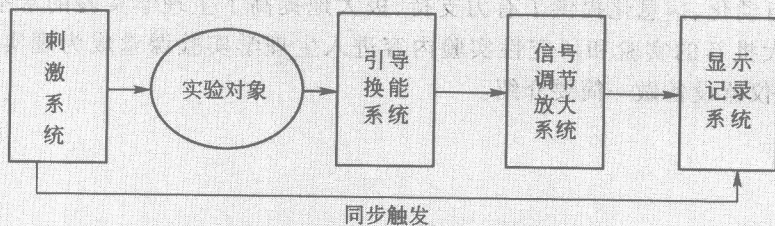


图 2-1 基本生理学实验仪器配置关系

(1) 刺激系统 对欲研究的对象施加刺激,引起其生理机能变化(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兴奋组织,使其产生生理活动的变化。但生理学实验中应用最多的还是电刺激,因为电刺激较容易控制,对组织没有或损伤很小,引导方便,可重复使用。电刺激系统包括电子刺激器、刺激隔离器和各种电极。

(2) 引导、换能系统 生理机能变化的信号只有用一定的仪器设备显示、记录下来才有研究的价值,因此需要有一定的装置能将其引导到显示、记录仪器上。若生理信号是电信号,引导系统可能是引导电极,包括记录单细胞活动的玻璃微电极和记录一群细胞电活动的金属电极;若生理现象为其他能量形式时,如机械收缩、压力、振动、温度和某种化学成分变化等,都需要将原始生理信号转换为电信号,加以引导,这就是各种形式的换能器。

(3) 信号调节放大系统 有的生理信号较为微弱,尚需进行适当的放大。信号调节放大系统是一种放大器或放大器的组合,对信号基线的位置和输出信号幅度的高低(信号的Y轴,增益)进行调节。最原始的经典仪器是各式各样的杠杆、玛利气鼓、各种检压计等。现代仪器设备包括示波器和记录仪中的放大器部分、专用的前置放大器、微电极放大器等。

- 2.1 刺激系统
- 2.2 引导、换能系统
- 2.3 信号调节放大系统——生物电放大器
- 2.4 显示与记录系统
- 2.5 计算机生物信号采集处理系统在生理学实验中的应用



(4) 显示与记录系统 用纸带记录、显示屏记录或显示信号的仪器。通过调节相关的旋钮调节走纸速度或扫描速度(信号的 $X$ 轴)将信号扩展开来。记纹鼓是一种较为原始的经典记录仪。

由于计算机技术的发展,计算机生物信号采集处理系统已在生理学实验中广泛应用,集刺激器、放大器、记录仪(示波器)等为一身。

进行动物生理学实验有时还需要添置一些维持生命的系统,如恒温槽、一些器官或细胞的灌注装置、神经屏蔽盒(室)、人工呼吸机等。

动物生理学实验仪器设备种类繁多,更新速度快,各院校的仪器设备差距甚大,这里只能作粗略的介绍,让学生对动物生理学实验仪器设备的发展有个初步了解。

我国生理学实验室在20世纪70年代中期使用的仪器设备主要是杠杆、检压计、记纹鼓、感应线圈。70年代中期至80年代初沿用了100多年的杠杆、检压计等被各种换能器替代,感应线圈被电子刺激器替代,记纹鼓被记录仪替代,生物信号前置放大器和示波器进入生理学实验室。进入90年代,随着计算机技术突飞猛进的发展和普及,计算机生物信号采集处理系统也进入了生理学实验室,为实验技术的自动化、信息化提供了有力支持,极大地提高了生理学实验的水平和效率。新技术的应用,使一大批新的实验和研究性实验内容进入生理学实验课堂成为现实。下面就现代生理学实验常用的仪器设备做一简要介绍。

## 2.1 刺激系统

### 2.1.1 电子刺激器

电子刺激器是能产生一定波形的电脉冲仪(器)。输出的波形有三角波、锯齿波、尖波(针形波)、矩形方波(方波)等。根据刺激引起组织兴奋的三要素:强度对时间变化率、刺激强度和刺激持续时间均要求到达最小值的特点。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,同时组织对它不易产生适应现象,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。

#### 2.1.1.1 刺激方式

(1) 单刺激 可为默认选择(计算机)或为手控刺激,即按1次手动开关,就输出一一次刺激脉冲。

(2) 双刺激、连续刺激 当选择双刺激或连续刺激时,刺激器会按照实验者设定的刺激参数连续输出刺激脉冲,何时开始、何时终止可以人工控制。

(3) 串刺激 在每一个刺激周期内(主周期,见图2.1-1)包含2个或2个以上的一串刺激脉冲。

#### 2.1.1.2 刺激器参数

(1) 刺激强度 以矩形方波的波幅(方波的高度)表示(图2.1-1)。可用电压或电流强度表示,电流强度一般从几微安( $\mu\text{A}$ )~几十毫安( $\text{mA}$ ),电压可在200V以内。实验过程中,过强或过弱的刺激都应避免,因为过弱的刺激不能引起组织机能变化,过强的刺激可引起组织内电解和热效应而损伤和破坏组织。在双刺激中,两个刺激脉冲的强度可以相等,也可以不等。

(2) 刺激(持续)时间 以矩形方波的波宽表示(图2.1-1)。一般刺激持续时间从几十微秒( $\mu\text{s}$ )~数秒( $\text{s}$ ),并采用正负双向刺激方波。采用单向方波刺激时,时间不宜过长,否则