

全国高等农林院校规划教材

张才乔 / 主编

# 动物生理学实验



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

内 容 简 介

全国高等农林院校规划教材

张才乔 主编

本书为高等农林院校规划教材，全书共分三章。第一章为绪论，介绍动物生理学的研究对象、任务、发展概况及研究方法。第二章为细胞生理，包括细胞膜、细胞质、细胞核、细胞信号转导、细胞增殖、细胞死亡、细胞衰老等。第三章为组织生理，包括上皮组织、结缔组织、肌肉组织、神经组织等。本书可作为高等农林院校生物、动物医学、动物生物技术等专业及相关专业的教材，也可供从事动物生理研究的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

动物生理学实验 / 张才乔主编. — 北京: 科学出版社, 2008.  
(全国高等农林院校规划教材)

ISBN 978-7-03-021328-7

I. ①动… II. 张… III. 动物生理学—实验—高等学校—教材 IV. Q1-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第083215号

责任编辑: 张克忠、任燕、任志忠、任志忠、任志忠  
文字编辑: 任志忠、任志忠、任志忠、任志忠、任志忠  
封面设计: 任志忠、任志忠、任志忠、任志忠、任志忠

科学出版社

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100017

http://www.sciencep.com

印刷: 科学出版社

各地新华书店经售

2008年1月第1版 1册 787mm×1092mm

2008年1月第1次印刷 印张: 3.14

科学出版社

定价: 19.00元

(京)印发京字(京)字(京)字(京)字(京)字

## 内 容 简 介

全书分三个部分:第一部分的动物生理学实验基础介绍了常用的实验器械和仪器及其使用方法、常用实验动物和基本的生理手术操作技术、生物信号采集和数据处理方法;第二部分介绍了动物生理学基本实验 48 个,涉及神经和肌肉、血液和循环、呼吸、消化、泌尿、中枢神经、内分泌和生殖等内容;第三部分针对硕士生入学考试,提供了动物生理学实验试题及其参考答案。本书结合当今生理学先进的实验设备的发展对生理实验中电、机械等信号的采集和处理实行了计算机化,显著提高了实验的效率。

本书可供农林、综合性、师范和医学院校的动物医学、动物科学、生物学等专业的本科和专科学生使用,也可供药理和毒理学以及中兽医学的师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

动物生理学实验/张才乔 主编. —北京:科学出版社,2008  
(全国高等农林院校规划教材)

ISBN 978-7-03-021358-7

I. 动… II. 张… III. 动物学:生理学-实验-高等学校-教材 IV. Q4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 033212 号

责任编辑:甄文全 / 责任校对:陈玉凤  
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008 年 4 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008 年 4 月第一次印刷 印张:9 3/4

印数:1—4 000 字数:188 000

定价:19.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

## 编委会名单

主 编 张才乔

副 主 编 欧阳五庆 胡建民 江青艳

参编人员 (按作者姓氏拼音排序)

艾晓杰 (上海交通大学)

程天印 (湖南农业大学)

郭慧君 (山东农业大学)

胡建民 (沈阳农业大学)

滑 静 (北京农学院)

贾 斌 (石河子大学)

江青艳 (华南农业大学)

柳巨雄 (吉林大学)

米玉玲 (浙江大学)

欧阳五庆 (西北农林科技大学)

王纯洁 (内蒙古农业大学)

杨焕明 (黑龙江八一农垦大学)

曾卫东 (浙江大学)

张才乔 (浙江大学)

张森涛 (西北农林科技大学)

审 稿 郑 行 (中国农业大学)

## 前 言

随着计算机应用技术的快速发展,动物生理学实验仪器和实验方法也得到了迅速发展,对很多经典的动物生理学实验产生了深远的影响。动物生理学实验教学已从过去的理论验证转变为能力的培养,实验也从定性转变为定量,本教材结合当今生理学先进的实验设备的发展对生理实验中电、机械等信号的采集和处理实行了计算机化,显著提高了实验的效率,可提高学生对实验课的学习兴趣,积极主动地进行实验操作。本书除了各章节的验证性实验之外,更重视培养学生客观地对事物及其现象进行观察、比较、分析和综合的能力以及团结协作的精神,特别是通过综合性实验以锻炼学生综合运用理论知识、培养主动分析和解决问题的能力。

本书由国内 10 余所高校的 10 多位教学经验丰富、在动物生理学教学第一线的教师联合编写。内容分三部分:第一部分的实验基础介绍了常用的实验器械和仪器及其使用方法,常用实验动物和基本的生理手术方法、生物信号采集和数据处理方法。其中,生物信号采集系统涉及目前国内使用较多的南京美易公司的 Medlab 系列、成都仪器厂的 RM6240 系列和泰盟的 BL 系列生物信号采集系统。第二部分介绍了动物生理学 48 个基础实验,涉及神经和肌肉、血液和循环、呼吸、消化、泌尿、中枢神经、内分泌和生殖等方面的内容。大多数实验已对信号的采集和处理实行了计算机化,从而提高了实验的效率。测定指标实现了量化和统计分析,将普通实验按照科研的模式进行。第三部分针对硕士生入学考试,提供了部分实验试题供考生复习。在附录中介绍了生理溶液的配制、常用抗凝剂等。另外,还介绍了实验设计的基本要求和一项综合性实验,使学生学会对某项生理功能展开多方面的研究,为今后进行类似的科研工作奠定基础。

本书可供农林、综合性、师范和医学院校的动物医学、动物科学、生物学等专业的本科和专科生使用,也可供药理和毒理学以及中兽医学的师生参考。

本书参考了部分国内外动物生理学实验教材编写而成。在此,本书作者对这些教材的作者深表谢意。不当之处,敬请读者和同仁予以指正。

编 者

2007 年 12 月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 动物生理学实验基础</b> .....	1
<b>一、动物生理学实验课的目的和要求</b> .....	1
(一) 实验课的目的和要求 .....	1
(二) 实验结果的记录 .....	1
(三) 实验报告的撰写 .....	3
<b>二、动物生理学实验器械及其操作方法</b> .....	3
(一) 手术器械 .....	4
(二) 其他器械 .....	5
(三) 器械的消毒 .....	7
<b>三、动物生理学实验仪器</b> .....	7
(一) 电刺激系统 .....	7
(二) 生命维持系统 .....	8
(三) 信号采集系统 .....	10
(四) 显示记录系统 .....	12
<b>四、实验动物操作技术</b> .....	21
(一) 常用实验动物介绍 .....	21
(二) 动物的标记 .....	23
(三) 动物的抓取 .....	23
(四) 动物的给药方法 .....	25
(五) 动物的麻醉 .....	27
(六) 动物体液样品采集技术 .....	29
(七) 实验动物的处死和护理方法 .....	32
(八) 动物生理手术基本操作技术 .....	33
(九) 部分动物生理学慢性实验手术方法介绍 .....	36
<b>第二章 神经和肌肉</b> .....	41
<b>实验 1 蟾蜍坐骨神经-腓肠肌标本的制备</b> .....	41
<b>实验 2 生物电现象的观察</b> .....	43
<b>实验 3 刺激强度与肌肉收缩的关系</b> .....	43
<b>实验 4 强度-时间曲线的测定</b> .....	44
<b>实验 5 神经干动作电位观察及其传导速度的测定</b> .....	45

实验 6	神经干不应期的测定	47
实验 7	骨骼肌的单收缩和复合收缩	48
<b>第三章</b>	<b>血液</b>	<b>50</b>
实验 8	血液组成和红细胞比容的测定	50
实验 9	血细胞计数	51
实验 10	血红蛋白测定	54
实验 11	红细胞脆性实验	55
实验 12	红细胞沉降率的测定	56
实验 13	血量的测定	57
实验 14	白细胞分类	58
实验 15	白细胞的机能	60
实验 16	血液凝固	61
实验 17	血型鉴定和交叉配血	62
<b>第四章</b>	<b>血液循环</b>	<b>64</b>
实验 18	蛙心起搏点分析	64
实验 19	离体蛙心灌流	65
实验 20	期前收缩和代偿间隙	66
实验 21	容积导体及心电传导	68
实验 22	心电图描记	70
实验 23	心电与收缩活动的时相关系	72
实验 24	蛙肠系膜微循环观察	73
实验 25	动脉血压的直接测定及其影响因素	74
实验 26	减压神经放电	76
<b>第五章</b>	<b>呼吸</b>	<b>78</b>
实验 27	胸膜腔内压的测定	78
实验 28	呼吸运动的调节	79
<b>第六章</b>	<b>消化和能量代谢</b>	<b>81</b>
实验 29	胃肠运动的直接观察	81
实验 30	消化道平滑肌的生理特性	82
实验 31	小肠吸收与渗透压的关系	83
实验 32	小鼠能量代谢的测定	84
<b>第七章</b>	<b>泌尿</b>	<b>85</b>
实验 33	影响尿生成的因素	85
<b>第八章</b>	<b>中枢神经</b>	<b>87</b>
实验 34	反射弧的分析	87
实验 35	脊髓背根和腹根的机能	88

---

实验 36	脊髓反射 .....	89
实验 37	交互抑制 .....	90
实验 38	小脑的生理作用 .....	91
实验 39	大脑皮层的诱发电位 .....	93
实验 40	大脑皮层运动区的定位 .....	94
实验 41	去大脑僵直 .....	95
实验 42	迷路的破坏 .....	95
<b>第九章</b>	<b>内分泌和生殖 .....</b>	<b>97</b>
实验 43	胰岛素和肾上腺素对血糖水平的调节 .....	97
实验 44	切除肾上腺对动物的影响 .....	97
实验 45	甲状旁腺摘除对血钙水平的影响 .....	98
实验 46	雄激素对鸡冠发育的作用 .....	99
实验 47	大鼠离体子宫平滑肌的运动描记 .....	100
实验 48	蛙的受精及卵裂的观察 .....	101
<b>第十章</b>	<b>动物生理学实验考试题解 .....</b>	<b>104</b>
一、	实验试题 .....	104
二、	实验试题参考答案 .....	112
<b>主要参考文献</b>	.....	<b>132</b>
<b>附录</b>	.....	<b>133</b>
附录一	常用生理盐溶液的配制 .....	133
附录二	常用抗凝剂 .....	134
附录三	实验设计 .....	134
附录四	常用统计指标和方法 .....	136
附录五	综合性实验示例：消化液的消化作用及其分泌的调节 .....	139



## 第一章 动物生理学实验基础

### 一、动物生理学实验课的目的和要求

#### (一) 实验课的目的和要求

动物生理学作为一门实验科学，其实验课的目的是通过实验使学生逐步掌握动物生理学实验的基本操作技术，了解获得动物生理学知识的实验方法，以及验证某些生理学基本理论，有助于理解、巩固和掌握部分理论内容。更重要的是，通过实验使学生学会科学的思维方法，提高分析问题和解决问题的能力，培养学生对科学实验的认真的态度、创新的精神、严密的方法和实事求是的工作作风，逐步培养学生对事物进行观察比较、分析综合和独立思考的能力。

在整个实验过程中应达到以下要求：

**实验前要求** ①仔细阅读实验教材，了解实验的目的、原理、操作步骤和注意事项。②结合实验内容复习有关理论，理解实验的理论背景知识。③熟悉所用仪器的性能和手术的基本操作方法。④实验小组内人员进行分工，在确保实验顺利进行的同时兼顾每个人的动手机会。

**实验中要求** ①认真聆听指导教师的讲解，观察示教操作。②按照实验步骤进行实验，不进行与实验无关的活动。③仔细、耐心地观察和记录实验过程中出现的各种现象，认真思考和分析。例如，出现了什么现象？原因何在？这种现象有何生理意义？④实验过程出现疑难之处，先自己设法排除。若解决不了再向指导教师请教。⑤爱护实验设备，节省实验材料和药品。⑥注意个人安全，正确对动物进行实验操作，特别是使用易燃易爆和腐蚀性试剂时要按照操作规程进行。

**实验后要求** ①将实验所用器械清洗干净并妥善安放。若有损坏或缺少，应及时向任课教师报告。②做好实验室的清洁工作，检查水电，关好门窗，将实验动物处死后安置于指定地点。③整理实验记录，进行合理的分析处理后做出实验结论。④认真撰写实验报告，按时交任课教师批阅。

#### (二) 实验结果的记录

实验结果的记录是实验中最重要的一部分，应将实验过程中所观察到的现象忠实地记录下来。凡属于测量性质的结果，如高低、长短、数量和速度等，均应以正确的单位和数值定量。例如，呼吸频率，不能只说加快或减慢，而应标出呼吸

频率加快或减慢的具体数值和单位。凡有曲线记录的实验，都应在曲线上标注说明（如标注刺激记号、具体项目）等。

实验结果的记录要求是：①真实性，真实的记录实验结果和现象，无论实验结果与自己预测的是否相同，都应实事求是地记录下来，要真正反映客观事实。②原始性，及时记录实验最原始的现象和数据。③条理性，记录要整洁而有顺序，学会用简明的词语记下完整的结果，以便于实验结束后整理和分析。④完整性，完整的实验记录应包括题目、方法和步骤、结果、实验日期和实验者等要素。

实验过程中所得到的结果应以实验教学班为单位进行整理和分析，求出平均数、标准差及进行差异显著性检验。对于实验过程始终进行连续记录的曲线，可以将有代表性的曲线进行编辑，并作出相应的注释。实验所获数据、资料进行必要的统计学处理之后，为了便于比较、分析，提倡实验结果中某变量的增减以及诸变量之间的相互关系以图表的方式明确地表达出来，这种直观的印象有助于理解和记忆，而且可以节约文字。

图表的绘制是动物生理学实验的基本要求，也是今后科学研究资料的整理和论文写作的一项必不可少的技能。做表时，一般将观察项目（如刺激的各种条件）列在表内左侧，由上向下逐项填入，表的右侧可按时间或数量变化的顺序由左至右逐格写入。绘图时，根据是否为连续性的变化，常选用曲线图和柱状图。

(1) 曲线图。当一个变量的不同数值与另一变量呈现连续变化时，可采用曲线图的形式。一般说，两个变量中的一个将从属于一个有意改变的因素（如药物、刺激等），这一变量称为从属变量，而另一变量则不是实验因素影响所造成的变化（如时间），此为独立变量。习惯上，以横坐标表示独立变量，而以纵坐标表示从属变量。

为了区分对照组与实验各组的数据，常用实线/虚线结合各种图形（如○、●、□、△、◆、◇等）表示各组的变化曲线及其数据点。分别将各组数据的各个点连起来，绘成曲线以表示数据的变化趋势。

为了用曲线图表示各点间统计学差异的意义，可以在图中使用标准差或标准误。表达方式是在数据点的上、下或单边划一适宜长度的垂直线，两端标以细的水平短线。垂直线的全长必须与标准差或标准误相一致，如果对照组与实验组在曲线上有重叠，为曲线清晰，便于识别，可以在横坐标方向上把各数据点稍移动一点。

有时实验所得到的个别数值过于分散，因而不适于用这些数值绘制曲线，这时可计算出对照组与相应实验组数值差异的百分数，即（对照组数据－实验组数据）÷对照组数据×100%，然后分别求其平均数，并将其绘制于曲线图上，这样的相对数值常显示出比原来的绝对值更为集中，更能表现出实验结果的变化

趋势。

(2) 柱形图。柱形图适用于比较在不同情况下所收集到的一系列数据, 这些数据是不连续的或性质不同的。例如, 从不同种类的动物体上收集到安静情况下的血压、心率、体温、呼吸频率等, 可以用柱形图加以说明。柱形图可以横向设计, 也可以纵向设计。无论哪种设计, 均须注意宽度与高度的比例以及它们之间的距离, 以免出现过高或过宽的图形。柱形图也可用于两组间的比较, 但需将实验组与对照组加以区分, 以便辨别。在柱上加标准差或标准误以表示一组数据的离散程度。表达方式是在柱形图的顶端标以适当长度的垂直线, 线的两端标以细的水平短线。垂直线的  $1/2$  在直方形内, 另  $1/2$  在直方形外。也可只标出直方形外的那一部分。直方形内外垂直线的长度必须相同, 并与所求得的标准差或标准误完全一致。

绘制图形后, 须注明图号和图注, 图注应明确简练, 图号与图注应写于图的下方。所有的图解均要仔细标记, 标明坐标轴上的变量数值及其单位。多组比较的曲线图应注明组别。在设计图解时, 应在坐标轴上选择适宜的标度, 使曲线在图中均匀分布, 不致过于集中。如果实验结果中没有接近零位的数值, 最好只绘出实际出现的坐标区域, 以免曲线过于集中。

### (三) 实验报告的撰写

每次实验后每个学生必须及时撰写实验报告。实验报告写作应注意文字简练、通顺、书写清楚、整洁。在使用计算机辅助生物信号实验系统进行实验时, 实验报告尽量采用网上提交。实验报告的主要内容包括: ①姓名、专业、班级、组别、日期、室温等。②序号与实验名称。③实验目的。④方法和步骤: 记录本次实验的操作方法及其步骤, 不必详述。对照实验指导, 如果实验仪器或方法临时有所变更, 或因操作技术影响观察的可靠性时, 可作简短说明。⑤结果。描述实验中出现的现象, 提供必要的数据和图片, 可辅助表格和数据图, 使结果更为清晰。⑥讨论和结论: 实验结果的讨论是根据已知的理论知识对结果进行解释和分析。要判断实验结果是否为预期的, 如果出现非预期的结果, 应该考虑和分析其可能的原因, 还要指出此结果的生理意义。实验结论是从实验结果中归纳出来的一般的、概括性的判断, 也就是这一实验所能验证的概念、原则或理论的简明总结。结论中一般不要罗列具体的结果。在实验结果中未能得到充分证明的理论分析, 不要写入结论。实验的讨论和结论的书写是带有创造性的工作, 应严肃认真, 不要盲目照抄书本。如果参考课外读物, 应注明出处。

## 二、动物生理学实验器械及其操作方法

动物生理学实验常用的器械较多, 在此作一简单介绍。

### (一) 手术器械

**1. 手术刀** 用于切开和解剖组织，由刀柄和刀片两部分组成，可根据手术部位与性质，选择大小不同的刀片。

常用的执刀法有 4 种 (图 1.1)。

1.1 执弓式 为最常用的一种执刀方式，动作范围广而灵活，用于腹部、颈部或股部的皮肤切口。

1.2 握持式 用于切割短小切口，用力轻柔而操作精细。例如，解剖血管、神经，做腹膜小切口等。

1.3 执笔式 用于切割范围较广，用力较大的切口。例如，截肢、较长的皮肤切口等。

1.4 反挑式 用于向上挑开，以免损伤深部组织，如挑开脓包等。

**2. 手术剪** 主要用于剪皮肤或肌肉等软组织。此外，也可用来分离组织，即利用剪刀的尖端插入组织间隙，分离无大血管的结缔组织等。手术剪分尖头剪和钝头剪，其尖端有直、弯两种。另外，还有一种小型手术剪，叫眼科剪，主要用于剪切小血管或神经等柔软组织，眼科剪也有直头与弯头之分。正确的执剪姿势见图 1.2。

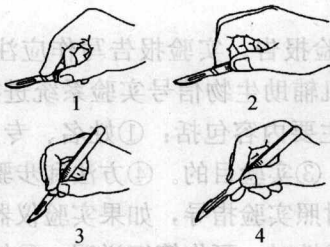


图 1.1 执刀方法

1. 执弓式；2. 握持式；3. 执笔式；4. 反挑式



图 1.2 执剪

**3. 止血钳** 用于钳夹血管或出血点，以达到止血的目的；也用于分离组织，牵引缝线，把持和拔出缝针等。执止血钳的姿势与执手术剪姿势相同 (图 1.3)。开放止血钳的手法是：利用右手已套入止血钳环口的拇指与无名指相对挤压，继而以旋开的动作开放止血钳。止血钳按手术所需，分直或弯、有齿或无齿、长柄、无损伤以及大中小等各种类型。

**4. 持针钳** 用于把持缝针，缝合各种组织。使用时应利用持针钳的最前端夹持缝针，而缝针被夹持的部位应在缝针尾端和中部始交界处。执持针钳与执手术剪姿势相同，但为了缝合方便，可不必将拇指和无名指套入环口中，而把持于近端柄处。

**5. 手术镊** 主要用于夹持或提起组织，以便于剥离，剪开或缝合。手术镊分有齿和无齿两种。前者用于把持较坚韧的组织，如皮肤、筋膜，肌腱等。后者用于把持脆弱的组织，如血管、神经和黏膜。正确的执镊方法见图 1.4。

**6. 骨钳** 主要用于咬切骨组织，如打开颅腔或骨髓腔等。骨钳分为剪刀式和小蝶式两种（图 1.5），前者适用于咬断骨质，后者适用于咬切骨片。



图 1.3 执钳法



图 1.4 执镊法



图 1.5 骨钳

A. 小蝶式；B. 咬骨式

**7. 颅骨钻** 主要用于开颅时钻孔（图 1.6）。

**8. 毁髓针** 专门用来毁坏蛙类脑髓和脊髓的器械，分为针柄和针部（图 1.7）。

**9. 玻璃分针** 专用于分离神经与血管的工具。有直头与弯头之分，尖端圆滑（图 1.8）。

**10. 缝针** 用于缝合各种组织。缝针有圆针和三棱针两种，又有直型和弯型之别，而且大小不一。圆针多用于缝合软组织，三棱针用于皮肤缝合，弯针用于深部组织缝合。

## (二) 其他器械

**1. 动脉夹** 主要用于短期阻断动脉血流，如在插动脉套管时用（图 1.9）。

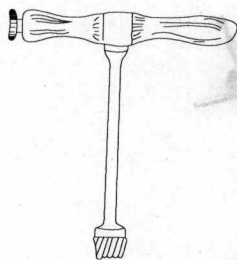


图 1.6 颅骨钻



图 1.7 毁髓针



图 1.8 玻璃分针



图 1.9 动脉夹

2. 蛙心夹 使用时将蛙心夹的前端夹住蛙心尖部，另一端借助丝线连于换能器上进行心脏活动的记录(图 1.10)。

3. 各种插管 根据实验的目的和方法的不同，在动物生理学实验中需用到各类插管，以作引导各生物信号之用和维持动物生命活动之需。如引导胸内负压所用的孟氏导管(图 1.11A)；用于急性动物实验时插入气管，以保证呼吸通畅或记录呼吸运动信号的气管插管(图 1.11B)；用粗细不同的塑料管制成动脉、静脉、输尿管插管等。

4. 检压计 为固定于木板上的 U 型玻璃管，板上标有刻度。玻璃管内装有水银或有颜色的水，分别称为水银检压计(图 1.12)和水检压计，前者用于高压系统实验(如测量动脉血压)，后者用于低压系统实验(如测量静脉血压或胸膜腔内压)。

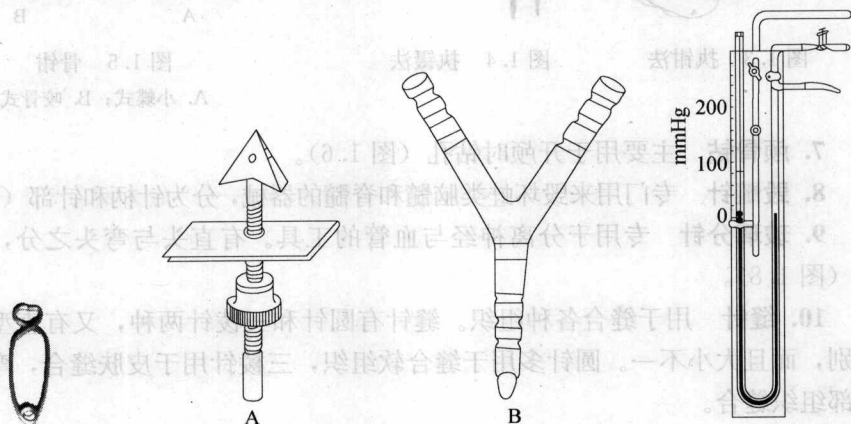


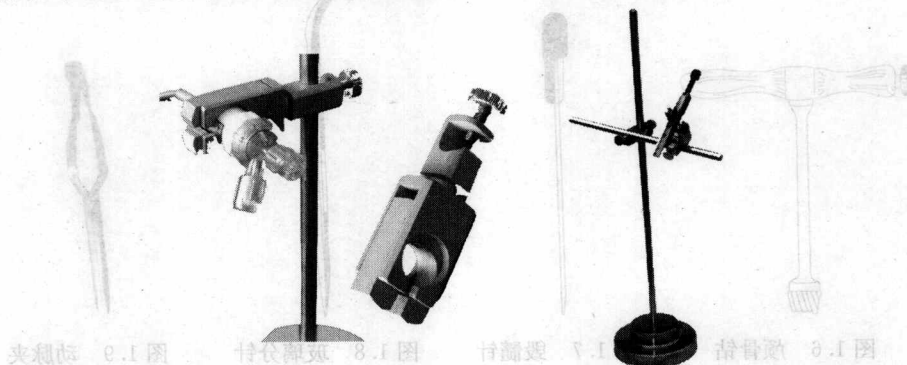
图 1.10 蛙心夹

图 1.11 各种插管

图 1.12 检压计

A. 孟氏导管；B. 气管插管

5. 实验支架 一般为在铁架台的基础上增加一个适用于某些实验专用的装置而成，图 1.13 为专用于夹持血压换能器的支架和万能支架。



夹持血压换能器支架

万能支架

夹持血压换能器支架

万能支架

### (三) 器械的消毒

慢性动物实验所用的器械必须进行消毒。金属器械的灭菌除了带刃的切割器械外，其他均可使用煮沸灭菌方法。在灭菌锅中装入蒸馏水，加入 2% 重碳酸钠，加热煮沸 20min，取出烘干。注射器等薄玻璃制品也可煮沸消毒。带刃的金属器械和缝针及缝线用 1 : 1000 稀释的苯扎溴铵（新洁尔灭）溶液浸泡 30min 以上，使用前用灭菌创巾擦干即可。

## 三、动物生理学实验仪器

动物生理学实验主要是用各种实验手段对正常动物生理机能进行实验与观察，以探讨生理机能内在的规律性。实验所涉及的仪器较多，如电刺激器、刺激隔离器、放大器、记录仪、示波器等。在此将这些类别的仪器从功能上分为电刺激系统、生命维持系统、信号采集和处理系统三类。

### (一) 电刺激系统

多种刺激因素（如声、光、电、温度、机械及化学因素）均能使可兴奋组织产生反应，但在动物生理学实验上最常用的是刺激参数易于控制却不易对实验对象产生影响的电刺激。构成常用的刺激系统设备主要为电子刺激器、刺激隔离器、锌铜弓等。

1. 电刺激器 电子刺激器所产生的波形有方波、正弦波和锯齿波，其中以方波的波形简单、强度变化率大、参数易控而常用（图 1.14）。

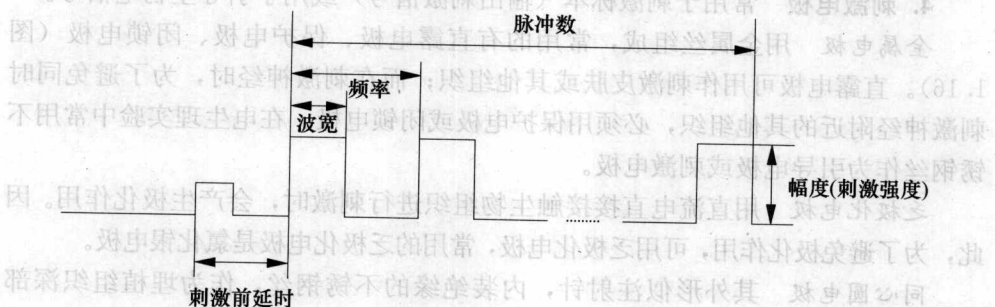


图 1.14 刺激脉冲参数示意图

**刺激强度** 指方波幅度，可用电压或电流表示。电流强度从几  $\mu\text{A}$  到几十  $\text{mA}$ ，电压一般在 200V 之内。刺激强度过小，不能使实验对象兴奋，刺激强度过大，则可引起组织内电解和热效应而使其损伤。因此，在实验过程中应注意给予适宜的刺激强度。

**刺激时间** 刺激时间是指方波的持续时间，又称波宽。一般刺激器的持续时间从几十毫秒到数秒。

**脉冲数** 串脉冲（单刺激或双刺激）时的刺激脉冲个数。

**波间隔** 刺激时第一个刺激脉冲和第二个刺激脉冲之间的时间间隔。

**刺激频率** 指单位时间内的刺激次数，一般以不超过 1000 次/s。刺激频率的选择随实验对象的不同而变化。

**同步脉冲** 表示一次刺激的时间起点。同步脉冲的使用可以使整个实验系统的各仪器具备一个共同的时间起点，以保持时间上的同步。如刺激器的同步脉冲输出到示波器的同步输入来触发其进行一次扫描，也可送到另一台刺激器使两台刺激器之间保持一个特定的时间关系。

**延迟** 延迟是指从同步脉冲到刺激方波的出现的时间差。调节延迟可控制方波出现的时机，以利于实验现象的记录和观察。两台同步的刺激器亦可通过调节延迟来控制其先后次序和时间间隔。

**2. 刺激伪迹与刺激隔离器** 由于刺激器和放大器有公共接地端，从而导致一部分电流经刺激器的输出和放大器的输入，使记录系统记录下一个由刺激电流产生的波形，称刺激伪迹。为了减小刺激伪迹，常在刺激器输出端接一刺激隔离器，使刺激电流的两个输出端与地隔离，切断了刺激电流从公共地线返回的可能。

**3. 锌铜弓** 锌铜弓是最常用和最简单的刺激工具（图 1.15），常用于检验标本机能活性和给予单个刺激。锌铜弓由铜和锌两种金属制成，当锌铜弓的两极湿润后与组织接触时，其产生的电位差所形成的电流沿  $Zn \rightarrow \text{组织} \rightarrow Cu$  方向流动而对标本产生刺激作用。

**4. 刺激电极** 常用于刺激标本（输出刺激信号）或用于引导生物电信号。

**金属电极** 用金属丝组成，常用的有裸露电极、保护电极、闭锁电极（图 1.16）。裸露电极可用作刺激皮肤或其他组织；而在刺激神经时，为了避免同时刺激神经附近的其他组织，必须用保护电极或闭锁电极。在电生理实验中常用不锈钢丝作为引导电极或刺激电极。

**乏极化电极** 用直流电直接接触生物组织进行刺激时，会产生极化作用。因此，为了避免极化作用，可用乏极化电极，常用的乏极化电极是氯化银电极。

**同心圆电极** 其外形似注射针，内装绝缘的不锈钢丝，作为埋植组织深部之用。

## （二）生命维持系统

在进行动物生理学实验过程中，经常需要对实验对象加以一定的处理以利于更好地进行操作和观察，为使处理后的实验对象更好地维持生命活动，需要有相应的设备和措施来对其进行保证。



1. **动物人工呼吸机** 动物人工呼吸机主要用于控制动物呼吸。当动物使用某种麻醉剂或打开胸腔后不能进行自主呼吸时，可帮助动物进行被动呼吸，以使实验顺利进行。

2. **恒温浴槽** 恒温浴槽（图 1.17）主要为离体组织、器官提供一个近似于体内的环境。其工作原理是将离体组织、器官置于含有生理盐溶液的麦氏浴皿（或类似功能的器皿）中，恒温浴槽为其提供一个恒定的目标温度，有的恒温浴槽还具有恒温生理盐溶液和氧气进出口。在条件简单的实验室，若具备麦氏浴皿则可利用酒精灯或水浴锅为其提供恒温。

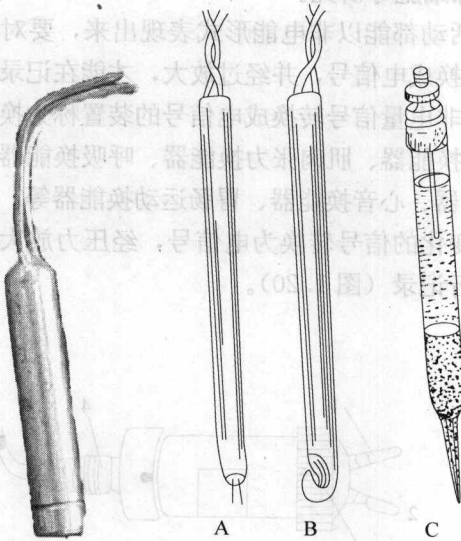


图 1.15 锌铜弓

图 1.16 刺激电极

A. 双线电极；B. 保护电极；

C. 乏极化电极



图 1.17 恒温浴槽

3. **微循环恒温浴槽** 借助显微镜观察、研究肠系膜微循环的装置（图 1.18）。一般也可配置其他灌流槽作多种微循环观察。

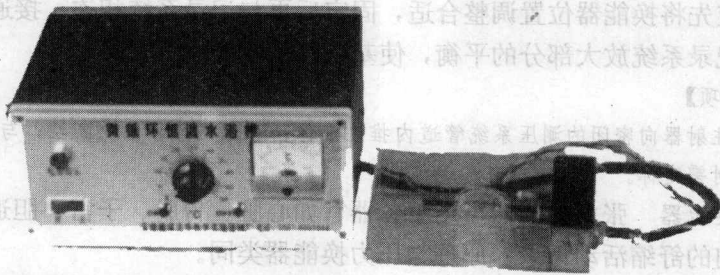


图 1.18 微循环恒温浴槽