



全国医药院校教材
QUANGUO YIYAO YUANXIAO JIAOCAI



(第2版)

医学机能学实验

YIXUE JINENGXUE SHIYAN

主 编 王建红 董艳芬 陈伟强



 中国医药科技出版社

全国医药院校教材

医学机能学实验

(第二版)

主 编 王建红

董艳芬

陈伟强

副主编 姜春玲

孙 红

张丽蓉

编 者 (以姓氏笔画为序)

马 娜 (广东药学院)

王建红 (广东药学院)

古宏标 (广东药学院)

孙 红 (徐州医学院)

伍庆华 (江西中医学院)

张希敏 (广东药学院)

张丽蓉 (广东药学院)

汪 胜 (广东药学院)

陈伟强 (广东药学院)

姜春玲 (大连医科大学)

梁燕玲 (广东药学院)

内 容 提 要

本教材根据教育部关于教学体系、教学内容和教学方法改革的要求,将生理学、病理生理学和药理学等机能学科的实验教学内容,经过精选、融合和重组,改革和补充了部分实验内容,强调基础理论,重视实践。内容安排由浅入深,共分八章,分别是机能学实验课程基本知识、常用仪器的认识和使用、机能学基础实验、机能学综合性实验、病例讨论、常用实验动物疾病模型、实验设计、实验数据的分析与统计。本教材可供医学、预防医学、药学、中药学、护理学等本科专业的医学机能学实验使用。

图书在版编目(CIP)数据

医学机能学实验/王建红,董艳芬,陈伟强主编. —2版. —北京:中国医药科技出版社,2010.10

ISBN 978-7-5067-4735-6

I. ①医… II. ①王… ②董… ③陈… III. ①机能(生物) - 人体生理学 - 实验 IV. ①R33-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第172170号

美术编辑 张 璐

版式设计 郭小平

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲22号

邮编 100082

电话 发行:010-62227427 邮购:010-62236938

网址 www.cmstp.com

规格 787×1092mm¹/16

印张 11³/4

字数 265千字

初版 2008年3月第1版

版次 2010年10月第2版

印次 2010年10月第2版第1次印刷

印刷 北京市密东印刷有限公司

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 978-7-5067-4735-6

定价 22.00元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

前 言

医学实验教学历来是医学教育极其重要的组成部分，近几年来，机能学实验教学改革成为医学教育改革的热点问题。全国不少高等医学院校以基础医学中的机能实验教学为突破口进行了较大幅度的改革，组建了医学机能学实验教研室或医学机能实验室。在探讨加强相关学科之间相互联系，培养学生科研思维能力以及综合分析问题的能力方面做了积极的尝试，这符合当今培养高级医学人才的要求。

医学机能学实验教材不同于一般实验课教材，它既要有利于加强实验基本原理和操作的训练，又要有利于学生综合素质以及创造性思维能力的培养。应打破学科和课程间的壁垒，精选实验内容，删减重复性内容，减少验证性实验，保留部分“三理”学科的经典实验，增加多学科综合性实验比例，同时开设典型病例讨论、实验设计课，以加强对学生综合能力和创新能力的培养。

本教材内容涉及机能学实验基本知识 with 常用仪器介绍、机能学基础实验、综合性机能实验、病理讨论、常见动物疾病模型、实验设计、实验数据的分析与统计。在保留了一些生理学、病理生理学、药理学三门学科部分经典传统实验基础上，进一步将三学科实验方法相似、理论知识相关联的实验有机地结合起来，通过正常动物整体实验、建立实验动物疾病模型以及用药物进行实验性治疗等方法，观察和探讨疾病的发生以及药物对机体各系统功能的影响。机能学实验设计则由教师介绍实验设计的目的、意义、及如何选题、设计的步骤等方面知识，然后在教师的指导下，学生自己查文献、选课题，写出实验设计方案，先进行预实验，再做正式实验，最后写出论文并汇报。全书突出了知识性、系统性、科学性和实用性。

在编写过程中，作者收集相关资料，力求本教材完善并更趋成熟，但由于编者水平有限，本书一定还存在需要改进之处，恳望读者提出宝贵意见，以便今后完善和提高。

编 者

2010 年 7 月于广州

目 录

第一章 机能学实验课程基本知识 (1)

第一节 机能学实验课程的教学目的和基本要求 (1)

一、机能学实验课程的教学目的 (1)

二、机能学实验课程的要求 (1)

三、实验室规则和操作规程 (3)

第二节 常用实验动物的生物学特性和实验方法及基本操作 (3)

一、实验动物的生物学特性 (3)

二、动物实验的基本方法 (6)

三、动物实验的基本操作 (7)

第三节 常用试剂、药物剂量的换算和配制 (20)

一、常用盐溶液 (20)

二、常用抗凝剂的配制 (22)

三、给药剂量的确定 (22)

四、药物浓度与给药剂量的计算 (23)

第四节 动物实验常用手术器械及使用方法 (24)

一、实验常用手术器械 (24)

二、其他实验手术器械 (28)

第二章 常用仪器的认识和使用 (29)

第一节 几种常用的微机生物机能实验系统 (29)

一、MedLab 生物信号采集处理系统的组成 (29)

二、MedLab 生物信号采集处理系统功能及使用 (32)

三、BL - 420 生物机能实验系统 (36)

四、Pclab 生物医学信号采集处理系统 (40)

五、Pclab 生物医学信号采集处理系统的使用 (40)

第二节 常用换能器 (42)

一、压力换能器 (42)

二、张力换能器 (43)

三、呼吸换能器 (44)

第三章 机能学基础实验 (45)

实验一 蛙坐骨神经 - 腓肠肌标本的制备 (45)

实验二 神经干动作电位的引导、兴奋传导速度及不应期的测定 (47)

一、制备蛙坐骨神经 - 腓 (或胫) 神经标本 (48)

二、实验装置与仪器连接	(48)
三、实验观察	(49)
实验三 刺激强度、刺激频率与收缩反应的关系	(50)
一、制备坐骨神经 - 腓肠肌标本	(51)
二、实验装置及标本安放	(51)
三、实验观察	(52)
实验四 大脑皮层运动机能定位	(53)
实验五 去大脑僵直	(55)
实验六 损毁小白鼠小脑的观察	(56)
实验七 兔大脑皮层诱发电位	(58)
实验八 反射时的测定及反射弧的分析	(60)
实验九 疼痛反应与药物的镇痛作用	(62)
一、化学刺激化 (扭体法)	(62)
二、刺激化 (热板法)	(63)
实验十 苯妥英钠与苯巴比妥钠的抗惊厥作用	(64)
实验十一 有机磷酸酯类中毒及其解救	(66)
实验十二 红细胞比容	(67)
实验十三 红细胞渗透脆性试验	(68)
实验十四 红细胞沉降率试验	(70)
实验十五 影响血液凝固的因素	(71)
实验十六 出血时间测定	(73)
实验十七 凝血时间测定	(74)
实验十八 ABO 血型鉴定	(75)
实验十九 蛙心起搏点观察	(76)
实验二十 期前收缩和代偿间歇	(79)
实验二十一 化学物质对离体动物心脏的作用	(81)
实验二十二 家兔动脉血压的调节	(84)
实验二十三 家兔左心室内压的测定	(86)
实验二十四 肠系膜微循环观察	(89)
实验二十五 心音听诊	(90)
实验二十六 人体动脉血压测定	(91)
实验二十七 人体心电图的描记	(93)
实验二十八 减压神经放电	(95)
实验二十九 呼吸运动的调节	(97)
实验三十 胸内负压的观摩	(99)
实验三十一 胰液和胆汁分泌的调节	(101)
实验三十二 离体小肠平滑肌运动	(103)
实验三十三 胃肠运动观察	(105)
实验三十四 影响尿生成的因素	(107)

第四章 机能学综合实验	(110)
实验一 缺氧	(110)
一、影响缺氧耐受性的某些因素	(110)
二、血液性缺氧	(111)
三、不同类型缺氧动物脏器和皮肤颜色比较	(113)
实验二 钾代谢障碍	(113)
实验三 实验性肺水肿	(115)
实验四 手术性休克	(116)
实验五 氨在肝性脑病发病机制中的作用	(118)
实验六 家兔实验性气胸对呼吸、循环及酸碱平衡的影响	(119)
第五章 病例讨论	(122)
第六章 常用实验动物疾病模型	(128)
第一节 概念及意义	(128)
一、概念	(128)
二、动物模型在生物学中的意义	(128)
三、人类疾病动物模型的分类	(129)
第二节 动物模型的设计原则和注意事项	(129)
一、设计原则	(129)
二、注意事项	(131)
第三节 自发性人类疾病动物模型	(132)
一、免疫缺陷动物疾病模型	(132)
二、遗传性高血压大鼠疾病模型	(133)
三、自发肿瘤疾病动物模型	(133)
第四节 诱发性动物模型的复制方法	(133)
一、心血管系统疾病动物模型	(134)
二、消化系统动物模型	(138)
三、呼吸系统疾病动物模型的复制	(141)
四、神经系统疾病模型	(142)
五、泌尿系统疾病模型	(146)
六、内分泌疾病模型	(151)
七、其他疾病的动物模型	(152)
第五节 转基因动物的研究与发展概况	(154)
一、基本原理	(154)
二、转基因动物研究存在的主要问题及研究重点	(155)
二、转基因疾病动物模型的应用	(156)

第七章 实验设计	(159)
第一节 实验设计的基本程序	(159)
一、实验设计的目的与安排	(159)
二、实验设计的基本程序	(159)
第二节 实验设计范例	(162)
第三节 研究论文的写作	(166)
一、医学研究论文写作的基本要求	(166)
二、研究论文的写作格式	(167)
三、各项具体内容的写作要求	(167)
第八章 实验数据的分析与统计	(169)
第一节 数值变量资料（计量资料）的统计处理方法	(169)
一、集中位置的描述	(169)
二、离散程度的描述	(170)
三、计量资料差异比较的常用方法	(171)
第二节 分类变量资料（计数资料）的统计处理方法	(174)
一、分类变量资料（计数资料）的统计描述	(174)
二、样本率（构成比）的比较	(174)
第三节 回归与相关	(175)

第一章 机能学实验课程基本知识

机能学实验是一门将生理学实验、病理生理学实验、药理学实验三者有机地结合在一起的实验性学科。它保持了原有的机能学实验特征，是专门研究正常生物机能活动、疾病发生机制和药物作用规律的综合性和实验课程。该学科是以实验动物为主要研究对象，通过观察实验动物的基本生理生化反应，研究疾病发生的病理生理学机制，分析其干扰因素的影响或药物作用与效应，学习和验证生命活动的基本规律。

第一节 机能学实验课程的教学目的和基本要求

一、机能学实验课程的教学目的

本课程旨在通过实验教学训练学生基本操作技能，培养其动手能力，并使学生通过该课程的学习，将其相关学科的理论知识融会贯通，培养学生实事求是和严谨的科学作风及严密的科学逻辑思维方法。通过机能实验操作过程培养学生观察、分析、解决问题的综合能力，启发学生在机能学科实验研究中的创新思维，为培养学生的科学研究能力奠定良好基础。

二、机能学实验课程的要求

（一）作好实验前的准备

机能学实验课程涵盖了生理学、病理生理学、药理学理论知识，及其实验操作的新型课程。因此，课前必须预习相关知识和实验教材中拟进行的实验内容，掌握实验目的与原理，了解实验步骤及操作要点、注意事项等。要明确每个实验的设计目的、实验原理、实验结果以及实验中可能会出现的问题。

（二）要以严谨的科学态度进行实验

1. 实验中严格按操作程序进行。实验小组各成员要合理分工并相互配合，注意培养自己的动手能力与独立思考和解决实验过程中所遇到问题的能力。
2. 仔细、耐心观察实验中出现的现象，认真做好每项记录。主动联系理论思考、分析实验结果和各种实验现象。若实验中出现意外，要及时报告指导老师，培养实事求是的科学作风。

（三）实验后的工作

1. 认真整理实验所用器械，擦洗干净，摆放整齐。如有损坏，应立即报告指导教师，按校规进行赔偿。将手术台和仪器台面擦净，摆好实验凳。

2. 整理实验结果, 实验结果的整理是机能学实验的基本功之一。实验结果整理是否恰当、合理, 将直接影响实验报告的质量。

3. 经认真整理分析所做结果后, 书写出实验报告。按时将实验报告交实验指导老师批改。

(四) 实验结果的记录方法与实验报告的书写要求

1. 实验结果表示方法

(1) 文字描述法 将你所看到的实验结果, 以文字形式描述出来, 或对实验曲线进行文字标注。特别要注意文字要精炼, 善于抓要点。

(2) 图形表示法 实验结果如以图形记录, 可通过输出设备打印出来, 以便写实验报告时黏附在实验报告簿上。如腓肠肌收缩曲线、呼吸曲线、心肌收缩曲线、血压曲线等。

(3) 数据表示法 实验结果以测定数据记录的, 可以表格形式表示, 一定要设置前后对照。如血压、心率、尿滴及各组动物不同情况下的血液、体液电解质浓度, PCO_2 、 PO_2 等数据。

2. 实验报告的书写要求

书写实验报告时, 要求字迹清楚、工整, 按格式要求书写。

机能学实验报告格式

姓名____ 班别____ 实验室____ 组别____ 日期____ 室温____ 指导教师____

实验号和题目

实验目的

实验对象

实验方法

实验结果

实验讨论

实验结论

(1) 实验序号与实验题目: 一般将实验序号与实验题目放在实验报告纸的第一行居中位置。

(2) 实验目的: 阐明实验所要证实的论点或要观察研究的内容即可。

(3) 实验对象: 指本次实验所用的动物或人。

(4) 实验方法: 包括所使用的主要实验仪器和实验步骤。主要使用的仪器 (如: Medlab 系统, 压力或张力传感器), 实验步骤可做扼要描述。

(5) 实验结果: 是实验中最重要的一部分。将实验过程所观察到的现象真实、完整地以图形、表格或文字方式表示出来。如因操作失误或实验动物发生意外未能得到观察的实验结果, 应在实验报告中如实说明。

(6) 实验讨论: 根据实验结果逐项进行讨论, 文字要简明扼要。针对实验中所观察到的实验结果和现象, 如为预期结果, 应以已知的理论知识对结果进行分析、解释并阐述其机制。如未达预期结果, 应找出原因, 总结其经验教训。

(7) 实验结论：指本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结果。未能做到充分证据的理论分析不应写入结论。

三、实验室规则和操作规程

1. 实验室是教学实验和科学研究的场所，所有进入实验室人员必须严格遵守实验室各项规章制度和操作规程。

2. 养成良好的学习和工作作风，按时进入实验室，不得迟到早退或随意缺席，若实验时因故不能参加或早退应向指导教师请假。要穿统一的工作服，要保持实验室安静，严禁在实验室里高声喧哗与打闹。

3. 爱护实验室设施。实验中要严格按照实验步骤和方法进行。未经教师同意不得随意动用实验室其他仪器或器械。切忌违规操作或粗暴使用仪器。对实验微机操作，应掌握如何正确开机、如何进入实验程序，怎样进行实时观察、记录、存储与输出打印实验结果及关机等操作程序。严禁在微机上玩游戏、建立个人文件、随意启动其他程序及损坏实验程序等与实验无关的活动。

4. 实验前由小组长负责，按仪器清单认真清点实验桌上的实验器材，如有实验器械缺少或损坏应及时向带教教师报告，以便及时补充或更换。实验完毕后应将器械清洗干净、清点够数，摆放整齐。如在实验过程中实验仪器出问题或意外损坏实验器械，应向带教教师或实验准备室老师报告，以便及时检修或更换。若因操作不规范损坏实验仪器或器械者，除照价赔偿外，学校将给予行政处罚。

5. 实验前必须严肃认真听取老师讲解，实验中养成节约的良好习惯，不得随意浪费动物标本、器材、药品和试剂。能重复利用的器材如纱布、方巾、缝合针、试管、插管、针头等等，应洗干净再用。组与组之间借用实验用品，要及时归还，不得图个人方便而随意移走公用物品。实验废物不得乱倒、乱扔，尤其强酸、强碱试剂，具有放射性的液体或污物，动物皮毛，组织器官，纸屑等不得倒入水槽内，应统一放置在指定地点。在实验中如被动物抓伤、咬伤，应立即报告指导老师，进行妥善处理。

6. 实验完成后，应将实验器材、用品和实验台、仪器收拾干净，清点好数量，摆放整齐，动物尸体及药品应放到指定地点，及时关闭实验微机（注意关机顺序）。每个小组长离开实验室前应在仪器和器械登记单（或本）上填写有关事项并签名。每次实验结束要安排值日小组，负责做好实验室清洁，整理共用实验场地（如边台、共用桌面）物品与清洁，搞好地面卫生，关闭总电源开关、水开关、门窗等。最后请指导教师或实验室管理人员检查验收后方能离开。

第二节 常用实验动物的生物学特性和实验方法及基本操作

一、实验动物的生物学特性

机能学实验是以动物实验为主，了解动物的生物学特性对实验的成败具有极重要的作

用。目前用于生物医学研究的实验动物达 30 余种。其中最常用和用量最大的是：小鼠、大鼠、家兔、豚鼠及青蛙（蟾蜍）等。以下就机能实验常用动物及其生物学特性逐一进行介绍。

（一）小白鼠

小白鼠是野生鼯鼠的变种，在生物分类学上属于哺乳纲、啮齿目、鼠科、鼠属。小鼠是啮齿目中体型较小的动物。新生小鼠 1.5g 左右，周身无毛，皮肤赤红，21 天断乳时 12 ~ 15g，1.5 ~ 2 月龄体重达 20g 以上，可供实验使用。小白鼠发育成熟时体长小于 15.5cm，雌小鼠成年体重 18 ~ 35g，雄小鼠成年体重 20 ~ 40g，小白鼠成熟早、繁殖力强、寿命 1 ~ 3 年。

小白鼠体形小，性情温顺，易于饲养管理，但对外来刺激极为敏感。因繁殖力强且价廉，故应用较为广泛。特别是用于需要大量动物实验的研究，如药物筛选，半数致死量的测定，药物效价比较，抗感染、抗肿瘤药物及避孕药物的研究。此外，破坏小脑、去大脑僵直等实验常选用小白鼠。

（二）大白鼠

实验大白鼠，属哺乳纲啮齿目鼠科大鼠属。新生大鼠重约 5 ~ 6g，成年雄鼠体重 300 ~ 400g，成年雌鼠 250 ~ 300g。大白鼠性情温顺，行动迟缓，易捕捉。但受惊吓或捕捉方法粗暴时，也很凶暴，常咬人。大白鼠成熟快，繁殖力强，寿命依品系不同而异，平均为 2 ~ 3 年，40 ~ 60 天性成熟。

大白鼠的血压和人相近，且较稳定，常选用大白鼠进行心血管功能的研究，在抗高血压药物的研究开发中，自发性高血压大白鼠（SHR）品系是最常采用的动物。大白鼠（包括小白鼠）心电图中没有 S-T 段，甚至有的导联也测不到 T 波。

（三）家兔

兔，属兔形目、兔科。生物医学研究中常用的家兔均为欧洲兔的后代，使用最多的有新西兰兔、大耳白兔、青紫兰兔、荷兰兔、弗莱密西兔。家兔常用于观察药物对心脏、呼吸的影响及有机磷农药中毒和解救实验。亦用于研究药物对中枢神经、体温实验、热原检查及避孕药系统的作用实验等。

1. 一般特点 家兔为草食性动物，性情温顺，胆小易惊，喜安静、清洁、干燥、凉爽、空气新鲜的环境，耐冷不耐热，耐干不耐湿。

2. 解剖学特点 兔耳大，表面分布有清晰的血管。嘴小，喉部狭窄，在进行吸入麻醉时易导致喉痉挛。心脏传导组织中几乎没有结缔组织，主动脉弓无化学感受器，仅有压力感受器，因而减压神经即主动脉神经与迷走神经、交感神经干完全分开。单胃，盲肠发达，约占腹腔 1/3，在回肠末端有一个淋巴组织样结构，开口于盲肠，是一个中空、壁厚的圆形球囊，灰白色，有发达的肌肉组织，囊壁内富含淋巴滤泡，该结构除具有消化吸收功能外，还有类似鸟类腔上囊的功能。单乳头肾，易于插导管。

3. 生理学特点 腮腺及颌下腺的分泌速度比狗、猫、猪、绵羊低，胃常处于排空状态，不会呕吐。每天胆汁分泌量按体重计算是狗的十倍多，小肠的吸收功能与人、豚鼠一

样,不能透过大分子物质,钙镁的代谢主要是通过肾。

4. 免疫学特性 有特殊的血清型和唾液型,血清型分为 α' 、 β' 、 $\alpha'\beta'$ 和 O 型四种。 α' 、 $\alpha'\beta'$ 型易产生人 A 型抗体, β' 、O 型易产生人 B 型抗体。唾液型分两种:排出型与非排出型。排出型易获得人血细胞 A 型物质,非排出型不易获得,这种 A 型物质与 A 型抗体产生能力有关,因此,要获得 A 型抗体,应选用非排出型的 α' 、 $\alpha'\beta'$ 血清型兔。

(四) 豚鼠

豚鼠属哺乳纲、啮齿目、豚鼠科、豚鼠属。豚鼠又被称作荷兰猪、天竺鼠、土拨鼠等。属草食动物,豚鼠性情温顺,胆小,耳蜗管发达,听觉灵敏,对外界刺激极为敏感。豚鼠的生理生化值,常随年龄、品系、性别、环境和测定方法的不同而有很大差异,外周血和骨髓细胞的形态与人相似;白细胞中有一种特化了的单核细胞称为 Kurloff 细胞,该细胞含有一个由黏多糖组成的胞浆内包涵体,正常情况下 Kurloff 细胞分布在血管和胸腺中,在妊娠期间或有外来刺激时,胸腺及胎盘中的 Kurloff 细胞增多。自动调节体温的能力较差,对环境温度的变化较为敏感,饲养豚鼠的最适温度为 18~20℃。

豚鼠对组胺很敏感,易致敏,常用于平喘药和抗组胺药的实验。对结核杆菌亦敏感,故也用于抗结核药的研究。此外还用于离体心脏及肠平滑肌实验,其乳头状肌和心房肌常用于电生理特性、心肌细胞动作电位实验以及抗心律失常药物作用机制的研究,还用于听力和前庭器官的实验等。

(五) 两栖类

最常用作实验动物的是青蛙和蟾蜍,两栖类为变温动物,心脏有两个心房、一个心室,动、静脉血液混合,红细胞为有核细胞并且个体较大。消化道末端为总泄殖腔,幼年排氨,成年排尿素。蛙头部两侧各有一个鸣囊,叫声响亮。蟾蜍无鸣囊,背部皮肤有许多疣状突起毒腺,可分泌蟾蜍毒,眼后的椭圆形耳腺分泌最多。饲养于潮湿地方,几天可以不食,也可喂以草和昆虫如蚊、蝇等,饲养容易。

(六) 猫

猫分为家猫和品种猫两大类,实验用猫绝大部分为市售的短毛杂种猫。猫的循环系统发达,血管壁较坚韧,血压比家兔稳定,作血压研究实验常用。猫的呕吐反射和咳嗽反射比较灵敏,可用于镇吐和镇咳方面的实验。

(七) 犬

犬的品种多而杂,目前国际公认的理想实验用犬是 Beagle 犬。犬的嗅觉灵敏,对外界环境适应力强,血液、循环、消化和神经系统均很发达,内脏构造及其比例与人类相似,易于驯养,经过训练能很好地配合实验,适用于许多急、慢性实验,尤其是慢性实验。犬是医学实验中最常用的大动物,由于价格较贵,主要用于科研实验和一些大的教学实验,一般教学实验并不常用。

表 1-1 常用机能实验学动物生命的理化指标

指标	狗	兔	大白鼠	小白鼠
寿命（年）	10 ~ 20	4 ~ 9	2 ~ 3	2 ~ 3
性成熟期（天）	180 ~ 300	120 ~ 240	60 ~ 75	35 ~ 60
成年体重（kg）	8 ~ 20	1.5 以上	雌 150g 以上 雄 250g 以上	20g 以上
体温（直肠）（℃）	37 ~ 39	38.5 ~ 40	37.5 ~ 39	36.5 ~ 38
心率（次/min）	80 ~ 130	120 ~ 150	200 ~ 360	520 ~ 780
呼吸（次/min）	20 ~ 30	38 ~ 80	66 ~ 150	84 ~ 230
血压（kPa）	14.4 ~ 25.2	12 ~ 17.3	9.3 ~ 24.5	12.4 ~ 18.4
血色素（g%）	10.5 ~ 20	7.1 ~ 15.55	7.8 ~ 12	10 ~ 19
红细胞（ $10^6/\text{mm}^3$ ）	5.5 ~ 8.5	4.0 ~ 6.4	7.2 ~ 9.6	7.7 ~ 12.5
白细胞（ $10^3/\text{mm}^3$ ）	6 ~ 17	5.2 ~ 12	5.0 ~ 25	4.0 ~ 12.0
血小板（ $10^4/\text{mm}^3$ ）	2.0 ~ 30	12 ~ 25	10.0 ~ 138	15.7 ~ 152
血液 pH	7.31 ~ 7.42	7.21 ~ 7.57	7.26 ~ 7.44	
总血量（体重%）	8 ~ 9	5.46	5.76 ~ 6.94	7.78
血非蛋白氮 mg%	20 ~ 44	28 ~ 51	20 ~ 44	36 ~ 117
血清钾 mmol/L	3.7 ~ 5.0	2.7 ~ 5.1	3.8 ~ 5.4	
血清钠 mmol/L	129 ~ 149	155 ~ 165	126 ~ 155	
血清钙 mmol/L	3.8 ~ 6.4	5.6 ~ 8.0	3.1 ~ 5.3	
血清氯 mmol/L	104 ~ 117	92 ~ 112	94 ~ 110	
血清胆红素（mg%）	0.1 ~ 0.3	<0.1	0.1 ~ 0.3	
尿密度	1.020 ~ 1.050	1.010 ~ 1.050		
重要脏 器重量 （占体重%）	脑	0.59	0.40	1.22
	心	0.85	0.35	0.76
	肺	0.94	0.53	1.34
	肾	0.30	0.70	0.32
	肝	2.94	3.19	1.65
	脾		0.94	0.15
	甲状腺	0.02	0.022	0.016
	肾上腺	0.01	0.02	0.05

二、动物实验的基本方法

机能实验有整体实验和离体实验之分。若按动物实验的时间长短则可分为急性实验和慢性实验等。还可进一步具体地分为分子、亚细胞、细胞、组织、器官、整体动物和无损伤动物等水平的实验。一些常见的动物实验方法如下：

1. 在体及离体器官实验 在体实验是在麻醉情况下对分离暴露的器官或组织进行研究，或观察动物整体或局部给药后对其暴露的器官或组织的影响。离体实验则是利用动物

的离体组织、器官,给予一些在体情况下无法实施的手段(如离体灌流,神经干电生理等),观察该组织或器官的各种生理、药理、病理生理指标的变化。

2. 复制动物模型法 这是研究人类疾病的发生、发展规律及防治方法和药物作用机制的重要手段之一,是动物实验最基本的方法。最好选择与人类疾病相同的动物自发疾病模型,如日本的原发性高血压大鼠,是最理想的人类疾病动物模型。或采用人工的方法使动物在一定致病因素(机械、化学、生物和物理等)作用下,造成动物的组织、器官或全身的一定损伤,复制成与人类疾病相似的动物疾病模型。

3. 仪器检测和体液生化测定法 用电生理记录仪对动物各种生物电进行观察和记录,如心电、肌电、脑电等,或对动物体液(血液、尿液等)中各种生物活性物质进行测定,如各种酶、激素等。

4. 免疫学观察法 注入抗原使动物致敏,制备多种抗血清,或采用免疫荧光技术、酶标记免疫技术、放射免疫测定技术、免疫电镜技术等对动物免疫后各种免疫变化进行检查。

三、动物实验的基本操作

(一) 实验动物的准备

选用合适的动物,一般在实验前12小时即停止给动物喂食,但仍需饮水。慢性实验应在手术前数天开始训练动物,使其熟悉实验环境及实验者。术前还要给动物剃毛,必要时洗澡以便于消毒处理。术后实验者要经常观察动物的情况,最好能亲自护理和喂养动物。

(二) 实验动物的捉拿与固定

1. 青蛙和蟾蜍 捉拿时直接用左手持蛙,中指夹住左右前肢,将两后肢拉直,用无名指和小指夹住下肢,用右手持探针进行操作。若需要捣毁脑和脊髓时,用左手拇指和示指夹持青蛙或蟾蜍的头部,右手将金属探针经枕骨大孔向前刺入颅腔后,将针尖向头端进入脑室(有落空感),左右摆动探针捣毁脑组织,观察无呼吸即可。然后退回探针向后刺入椎管内,再将针尖沿椎管向下刺入,破坏脊髓,看到四肢松软,说明破坏脊髓成功。然后将蛙仰卧位,四肢用蛙钉固定在蛙板上。捉拿蟾蜍时注意不要挤压其两侧耳部突起的毒腺,以免毒液溅入操作者眼中。

2. 小白鼠 小白鼠的捉拿方法有两种。一种是用右手提起尾部,放在鼠笼盖,轻轻向后拉鼠尾,在小鼠向前挣脱时,迅速用左手拇指和示指捏住小鼠双耳和头颈部皮肤,然后用小指和手掌尺侧夹持其尾根部固定于手中(图1-1A),调整好小鼠在手中的姿势,用右手进行给药等操作。另一种捉拿方法是单手捉拿,用左手拇指和示指抓住小鼠尾部,再用手掌尺侧及小指夹住尾根部,然后用拇指及示指捏住其双耳和头颈部皮肤固定,右手进行实验操作(图1-1B)。若两人合作时,可以一人用右手捉住小鼠尾巴,左手握住小鼠双耳和头颈部皮肤,另外一人进行给药等操作。注意抓捏小鼠头颈部皮肤时松紧度要适当,过紧或用力过度会使小鼠窒息死亡。当需要对小鼠进行心脏取血、解剖、手术、尾静脉注射等操作时,可用固定板或固定架对小鼠进行固定。



图 1-1 小鼠捉拿方法

3. 大白鼠 捉拿时用右手抓住鼠尾，将大鼠放在鼠笼盖上，左手戴上防护手套或用厚布盖住大鼠，用拇指和食指抓住鼠耳及头颈部皮肤，固定其头部。其余三指抓住背部皮肤，将其置于掌心（图 1-2），用右手进行实验操作。对于个体较大的大白鼠，可用左手抓头部，右手抓尾部，由另一人进行实验操作。还有一种捉拿方法是先用左手将大白鼠压住，然后迅速将拇指和食指插入大鼠的颈部，虎口向前，将其头部固定，其余三指及掌心握住大鼠体部，然后调整左手拇指位置，紧抵在其下颌骨上即可。捉拿大鼠时勿用力过大、过猛，勿紧捏颈部，以免引起窒息。特别注意不能捉提其尾尖，因为尾尖皮肤易于拉脱，也不能将大鼠悬在空中时间过长，否则会激怒大鼠翻转将操作者咬伤。大鼠的固定方法可根据实验操作需要，采用徒手固定、大鼠手术台固定等方法。固定时若需捆绑四肢，宜用柔软而不易滑脱的棉绳，捆绑的位置应在踝关节以上部位，捆绑四肢的绳带应打活结，便于实验后的松解。

4. 豚鼠 豚鼠性情温和，胆小易惊，捉拿时先用手掌扣住豚鼠背部，用拇指和中指从豚鼠背部绕到腋下抓住豚鼠，个体较小的豚鼠可用一只手捉拿，个体较大者捉拿时宜用双手，另一只手托住其臀部（图 1-3）。豚鼠的固定有徒手固定和手术台固定两种方法。



图 1-2 大鼠捉拿方法

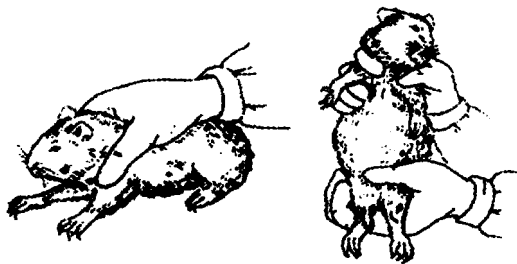


图 1-3 豚鼠捉拿方法

5. 家兔 捉拿家兔时用右手抓住颈背部的皮肤，轻轻将家兔提起，用左手托住其臀部，使其躯干的重量大部分集中在左手上。家兔温顺，一般不咬人，但其爪锐利，挣扎时极易抓伤人。因此，必须防备其四肢的活动，特别注意捉拿时不能只提其双耳，也不能仅抓提腰背部皮毛，以避免造成耳、肾、腰椎的损伤或皮下出血。

家兔的固定分为徒手固定、盒式固定、台式固定等方法（图 1-4）。徒手固定可以用一只手抓住兔颈背部皮肤，另一只手抓住兔的两个后肢，然后固定在手术台上，另一人进

行腹腔或肌肉注射，进行灌胃给药等。在家兔耳缘静脉注射时，可将兔放置在实验台上，轻轻抚摸背部，另一人进行注射。盒式固定是将兔固定在特制的兔盒内，只暴露出头部。这种固定方法常用于采血、耳缘静脉注射、兔颅脑实验操作。需要进行手术时，可将家兔麻醉后，仰卧位放置在兔手术台上，四肢用扁带绑缚，固定于手术台边的4个柱上，头部用兔头夹或扁带勾着牙齿固定于手术台前端的柱上，这种固定方法为台式固定法。

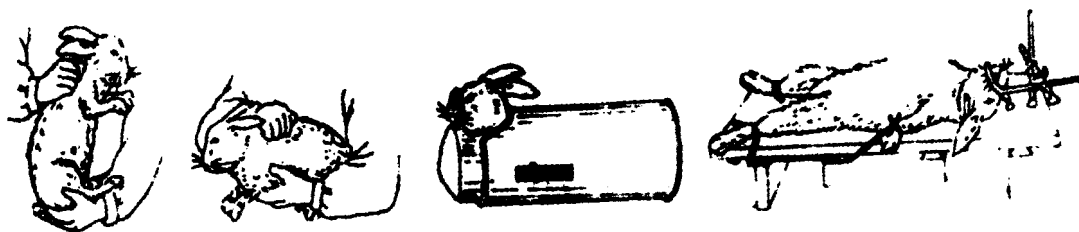


图 1-4 家兔的捉拿与固定

6. 猫 捉拿猫时需要耐心和谨慎，可先轻声呼唤，慢慢将手伸入笼中，轻抚猫的头颈部，然后抓住其颈背部皮肤，从笼中拖出来，另一手抓住其腰背部皮肤。如遇性情凶暴的猫，不让接触或捉拿时，可用套网或布袋捕捉。操作时注意猫的利爪和牙齿，谨防被其抓伤或咬伤。猫的固定方法基本同家兔的固定。

7. 犬 捉拿犬常用的方法是用特制的长柄铁钳的环固定犬的颈部，然后将其嘴缚住，或者用皮革、金属丝、棉麻等制成的口网套在犬口部，再进行麻醉、固定等操作。慢性实验中犬的固定通常是用固定架固定的方法，可进行体检、灌胃、取血、注射等操作。急性实验则是将犬麻醉后放在手术台上，固定头部和四肢，然后进行实验操作。

(三) 常用动物的编号

1. 动物编号 实验时为了分组和个体间辨别的方便，常需要对实验动物进行编号。编号就是对动物进行标记，其基本原则是清晰、持久、简便、易辨认。动物编号用的方法是染色法，即用化学试剂在动物不同部位的被毛上进行涂染，以示区别。常用染色液有3%~5%苦味酸溶液（黄色）和0.5%中性红或碱性品红溶液（红色）。编号时是用棉签或标记笔蘸上述溶液，在动物体表不同部位涂上斑点，表示不同号码。编号的原则先左后右，从前到后。如给小鼠进行1~10的编号，可将小鼠背部分为前肢、腰部、左、中、右共九个区域，从左到右为1~9号，第10号不作标记（图1-5）。若动物编号大于10时，可使用上述两种不同颜色的染色液进行编号，一种颜色用作个位数编号，一种用作十位数编号，这种交互使用可以编到99号。

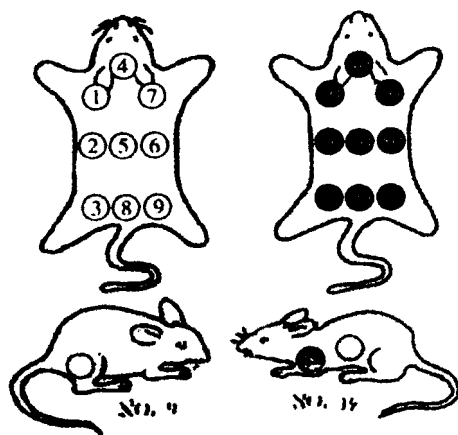


图 1-5 机能实验动物编号法