



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

全国高等医药院校规划教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等医学类专业用

# 医学机能学实验教程

第4版

主 编 胡还忠 牟阳灵



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高等医药院校规划教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等医学类专业用

# 医学机能学实验教程

第4版

主 编 胡还忠 牟阳灵  
副主编 郭莲军 曹济民 管茶香 万 瑜 张京玲  
王小川 王 勇 张 业 吴基良 何小华  
余上斌 胡 浩 杨俊卿 席姣娅

秘 书 王 维

编 委

(以姓氏笔画为序)

万 瑜 (武汉大学)

王 勇 (汕头大学)

王 维 (华中科技大学)

王 媛 (武汉大学)

王小川 (华中科技大学)

田 琴 (武汉民政职业学院)

牟阳灵 (华中科技大学)

闫国良 (厦门大学)

杜克莘 (西安交通大学)

杨俊卿 (重庆医科大学)

李 丽 (牡丹江医学院)

李 娜 (南开大学)

李 静<sup>1</sup> (南开大学)

李 静<sup>2</sup> (重庆医科大学)

吴基良 (湖北科技学院)

何小华 (武汉大学)

余上斌 (华中科技大学)

张 业 (厦门大学)

张京玲 (南开大学)

张海锋 (第四军医大学)

陆 杰 (重庆医科大学)

陈健康 (第四军医大学)

欧阳昌汉 (湖北科技学院)

金大庆 (南开大学)

周 勇 (中南大学)

郑 敏 (湖北科技学院)

胡 浩 (西安交通大学)

胡还忠 (华中科技大学)

耿志国 (三峡大学)

徐 戎 (华中科技大学)

郭莲军 (华中科技大学)

席姣娅 (华中科技大学)

曹济民 (协和医科大学)

管茶香 (中南大学)

特邀编委 黄 武 (成都泰盟软件有限公司)

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303 (打假办)

## 内 容 简 介

《医学机能学实验教程》第4版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书包括机能学实验的基础知识、机能学实验的基本方法、机能学实验和机能学计算机模拟教学实验等内容,共9章。其中实验方法26种(类),机能学实验160多个,机能学计算机模拟教学实验4个。

本书根据机能学教学实验的特点和参编学校实验教学改革的经验,重点编纂了机能学实验的基本方法和经典的机能学实验内容;阐明了医学生物学科学研究思维方法、机能学探索性实验及实验研究论文的撰写,以期授人以渔。为了适应目前的机能学实验教学改革,根据编委会的共识,本书编排顺序有了较大变化,以系统归类,删除了生物电子学及相关内容,增加了一些新的实验方法和实验内容,供使用者参考和选用。

本书强调基础理论,注重实践。保持了知识性、趣味性、系统性、科学性、可读性和实用性的特点。内容安排有利于促进学生观察问题、分析问题和自己动手解决问题的综合能力的培养。

本书为医药院校临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等专业的五年制、五加三年制和八年制学生的机能学实验教材,也可作为硕士生、博士生和相关人士的参考书籍。

### 图书在版编目(CIP)数据

医学机能学实验教程 / 胡还忠, 牟阳灵主编. —4版. —北京: 科学出版社, 2016.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材·全国高等医药院校规划教材  
ISBN 978-7-03-047160-4

I. ①医… II. ①胡… ②牟… III. ①机能-人体生理学-实验-医学院校-教材 IV. ①R33-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第013583号

责任编辑: 王颖 朱华 / 责任校对: 桂伟利

责任印制: 赵博 / 封面设计: 陈敬

版权所有, 违者必究。未经本社许可, 数字图书馆不得使用

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>

北京市文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2002年4月第 一 版 开本: 850×1168 1/16

2016年6月第 四 版 印张: 19 1/4

2016年6月第十三次印刷 字数: 603 000

定价: 55.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 第4版前言

《医学机能学实验教程》问世以来，已走过近十五年历程，在这些年中，有无数人为之增光添彩。是张桂林教授和魏劲波教授的力荐，才使之有见到阳光的机会。又有王迪寻教授、黄承钧教授、胡文淑教授、魏劲波教授及樊继云教授等专业顾问的支撑，使之羽翼渐渐丰满。更有新老编委的通力合作，不懈努力；参编学校领导的关怀和支持；科学出版社的悉心指导；多家仪器研发单位特别是成都泰盟科技有限公司的加盟，最终使得该《医学机能学实验教程》得到国内许多院校师生的认可，倍感欣慰。

十五年来，有65位专家教授和工作在教学一线的老师参加了编委会工作，他们分别来自于四大直辖市和东至黑龙江省、西到新疆维吾尔自治区8省自治区的广袤地域，包括协和医科大学、第四军医大学等在内的17所高等医药院校。编委中，博士生导师达30%，更有长江学者、国家青年千人计划人才；有学校校长和多位学院院长亲自参加并撰写实验内容，评审稿件；还有幸邀请了4位海外学者参加编委会并撰写文章。他们肩负着广大师生和读者的殷切希望，为之付出了艰辛的劳动，才有了《医学机能学实验教程》的茁壮成长。

教材的编纂必须为教改服务是我们始终坚持的宗旨。我国医学机能学实验教学不断改革创新，对实验教材编纂工作随时都在提出更新更高的要求。第4版《医学机能学实验教程》的西安交通大学编委会议和武汉大学审稿会议，与会编委们分享了各校的医学机能学实验教学改革经验和成果，深入讨论和细致分析了当前的医学机能学实验教学的形势。探讨了何谓基础性实验？基础性实验与综合性实验的区别在哪里？何谓设计性实验？验证性实验和探索性实验都是设计性实验吗？随着医学机能学实验教学的进一步深化，会有更多的问题需要人们去思考；会议详细讨论了第4版《医学机能学实验教程》内容的编排，使之更适应教学需要。

医学机能学实验教学，在医学生的教育培养的系统工程中，到底处于何等位置？站在不同的角度会有不同的结论。通过医学机能学实验教学，学生参与思考、策划、动手实验，以及对实验结果的归纳分析，不仅加深他们对机能学理论知识的理解，而且通过医学机能学实验课程的学习，使学生较熟练地掌握实验操作技巧，“授人以渔”；同学带着自己关心和感兴趣的问题，学习生物医学科学研究的基本思维方法和原则；同时也可进入临床学习打下良好的基础。

大多数的机能学实验，包括临床药理实验的内容都依赖于生物电子学仪器乃至电子计算机。第4版率先介绍了成都泰盟软件有限公司新型的BL-420N信息化信号采集与处理系统。该仪器的诞生，将明显的促进机能学实验教学的进步。

本教程包括机能学实验的基础知识、机能学实验的基本方法、机能学实验和机能学计算机模拟教学实验等内容，共9章。其中实验方法26种（类），机能学实验160多个，机能学计算机模拟教学实验4个。保留了探索性实验及论文的撰写等内容。全书插图和实时信号记录图177幅，计算公式71个和表格117张。

为了使编纂的《医学机能学实验教程》能适应不同院校的教学需要，编纂前不仅收集

和分析了参编各校开设的机能学实验教学内容，而且内容的编排顺序也有了一些变化；还新增加了一些实用的实验方法和技术，力求保持《医学机能学实验教程》系统、科学、趣味、可读和实用。

第4版《医学机能学实验教程》的撰写工作得到了华中科技大学同济医学院、西安交通大学医学部和武汉大学医学部各级领导的关怀，各参编院校领导一如既往的支持；全体参编人员再次的精诚合作和艰辛努力；科学出版社李国红社长和朱华编辑的悉心指导；《医学机能学实验教程》的编纂工作再次得到了成都泰盟科技有限公司和科学出版社的大力支持，才使第4版《医学机能学实验教程》如期出版，在此一并致谢。

本教程内容涵盖面广，适用范围宽，不仅是为医药院校临床预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、护理、法医等专业的五年制、五加三年制和八年制学生量身定做的机能学实验教材，也可作为硕士生、博士生和相关人士的参考书籍。

尽管本教程历经近十五年之磨砺，希望本书至臻至美，然世上乃无完人完事，书中不足与错误实属难免，恭请使用本教程的广大师生和读者提出宝贵意见，以期再版时进一步订正。

胡还忠

2015年10月

# 目 录

第一章 绪言	1	七、实验动物的处死	21
第一节 机能学实验的目的和要求	1	第九节 我国医学机能学教学实验记录 仪器的发展	29
第二节 实验观察指标的选择	2	第十节 微循环的图像观察与处理	31
第三节 实验观察、结果的记录与处理	2	一、基本结构	31
第四节 实验报告书写要求	4	二、微循环图像处理的基本过程	31
第二章 机能学实验的基本知识	5	三、结果输出	31
第一节 实验动物的基本知识	5	四、肠系膜微循环图像观察测定指标	32
一、实验动物的种类	5	五、部分观察指标测定原理	32
二、实验动物的品种品系	5	第十一节 血气分析的原理及方法	32
三、实验动物的选择	6	一、血气分析原理	32
四、实验动物的随机分组与标记	7	二、测量指标	32
五、实验动物的保护	8	三、操作方法	32
第二节 实验动物用药量的确定及计算 方法	8	四、注意事项	33
一、动物给药量的确定	8	第十二节 液体电解质的测定原理及方法	33
二、人与动物及各类动物间药物剂量的 换算	9	一、工作原理	33
第三节 实验动物的给药途径与方法	10	二、测定方法	33
一、经口给药	10	三、样品处理	33
二、注射给药	10	四、注意事项	33
第四节 常用实验动物麻醉方法	11	第十三节 计算机与机能学实验	34
一、吸入麻醉	11	第十四节 BL-420F 生物信号采集分析 系统	36
二、注射麻醉	12	一、概述	36
三、局部麻醉	13	二、原理	37
第五节 机能学实验常用生理溶液的配制	13	三、BL-420F 生物机能实验系统的软件 使用	37
一、常用生理溶液成分与含量	13	第十五节 BL-420N 生物信号采集分析 系统	39
二、配制生理溶液的方法	13	第十六节 RM6240C 生物信号采集分析 系统	42
第六节 机能学实验手术器械	14	一、系统特点	42
一、蛙类动物手术器械	14	二、仪器面板	42
二、哺乳类动物手术器械	14	三、窗口界面	43
第七节 哺乳动物实验的操作技术	15	四、基本功能及使用	43
一、动物固定、剪毛	15		
二、切开皮肤、皮下组织和止血	15		
三、神经、血管分离技术	16		
四、插管技术	16		
五、实验动物取血技术	19		
六、动物实验意外的处理	20		

第十七节 BI-2000 图像处理系统的 功能简介.....46	一、蛙坐骨神经双相、单相动作电位 的记录与强度法则..... 101
一、基本结构与功能.....46	二、蛙坐骨神经兴奋传导速度和不应 期的测定..... 102
二、BI-2000 图像处理系统基本操作 步骤.....47	三、蛙坐骨神经-腓肠肌标本的神经 干动作电位、肌细胞动作电位和 肌张力的同步记录及影响因素... 103
第三章 机能学实验的基本方法.....49	四、骨骼肌终板电位及其药物的 影响..... 105
一、膈神经放电及膈肌收缩运动的同 步记录.....49	五、负荷对骨骼肌收缩的影响..... 106
二、心、肺阻抗血流图.....50	六、刺激强度和频率对骨骼肌收缩活 动的影响..... 107
三、蛙在体心室肌细胞内动作电位、 ECG 及心脏收缩活动的同步记录...50	七、局麻药对神经干动作电位的 影响..... 109
四、离体心房肌细胞内动作电位及收缩 力的同步记录.....52	第二节 血液系统..... 110
五、心脏电活动的点阵电极标测技术...52	一、血液凝固及其影响因素..... 110
六、家兔室颤的诱发.....54	二、血红蛋白量的测定..... 110
七、家兔减压神经放电、心电图及 动脉血压的同步记录.....56	三、红细胞沉降率的测定..... 111
八、肾神经放电、心电图和动脉血压 的同步记录.....57	四、红细胞渗透脆性的测定..... 112
九、实验动物血压与心室内压的测定...59	五、出血时间的测定..... 113
十、动脉血流量的测量.....64	六、凝血时间的测定..... 113
十一、大鼠肾性高血压实验方法.....66	七、ABO 血型的鉴定..... 113
十二、手指容积脉搏波的描记.....67	八、药物的溶血反应..... 115
十三、小鼠空肠平滑肌细胞内电活动 与肌张力的同步记录.....68	九、弥散性血管内凝血 (DIC) 及 治疗..... 116
十四、Oddi's 括约肌电活动的记录...69	第三节 心血管系统..... 117
十五、数字显示小动物脑立体定位仪 及脑立体定位技术.....70	一、蛙心起搏点的观察..... 117
十六、大鼠脑脊液的收集.....72	二、蛙心灌流..... 118
十七、蛙缝匠肌被动张力的定量变化 和肌梭放电的同步记录.....73	三、期前收缩与代偿间歇..... 120
十八、多电极阵列记录技术.....74	四、对在体蛙心输出量的影响 因素..... 120
十九、脑片神经元膜电流的记录.....75	五、心室肌环等长收缩力的影响 因素..... 122
二十、大鼠中枢神经元电活动的记录...79	六、肠系膜微循环的观察..... 124
二十一、大鼠在体海马长时程增强 电位的记录.....80	七、心血管活动的神经体液调节... 125
二十二、豚鼠耳蜗微音器效应.....82	八、人体心音听诊..... 128
二十三、动物免疫与抗体制备.....83	九、人体动脉血压的测量..... 129
二十四、受体的检测.....86	十、人体体表心电图的记录..... 130
二十五、实验动物行为学实验方法...91	十一、人体无创心功能的测定..... 133
二十六、糖尿病动物模型的复制.....98	十二、人体血流动力学的测定 (直接 法)..... 134
第四章 机能学实验各论..... 101	十三、药物对家兔血流动力学的 影响..... 135
第一节 神经肌肉..... 101	

十四、药物对大鼠血流动力学的 影响	137	一、豚鼠离体气管平滑肌张力的影响 因素	163
十五、大鼠内毒素性休克	138	二、人体肺通气量的测定	164
十六、大鼠离体心脏氧反常和钙反常 实验	139	三、人体呼吸运动的影响因素	166
十七、钙反常对大鼠离体心肌的 影响	140	四、呼吸运动的调节	167
十八、酸中毒对离体蛙心收缩活动的 影响	140	五、胸内负压的测定和开放性气胸	168
十九、实验性急性右心衰竭	141	六、大鼠呼吸功能不全	170
二十、急性心力衰竭及其治疗	142	七、小鼠低氧耐受性的影响因素	171
二十一、失血性休克及其治疗	144	八、实验性缺氧症	173
二十二、家兔急性心源性心力衰竭	145	九、吲哚美辛对大鼠离体肺缺氧性肺 血管收缩的影响	176
二十三、药物对离体血管条平滑肌张 力的影响	146	十、旁分泌调节在缺氧性大鼠肺血管 收缩(HPV)反应中的作用	177
二十四、药物对大鼠在体心肌缺血再 灌注损伤的影响	147	十一、前列腺素在缺氧性肺动脉高压 发生中的作用	179
二十五、药物对大鼠离体心脏缺血再 灌注损伤的影响	149	十二、实验性肺水肿	180
二十六、药物的抗心律失常作用	149	第五节 消化系统	182
二十七、急性心功能不全的药物 治疗	151	一、家兔消化道运动的影响因素	182
二十八、急性高血钾对心脏的作用及 其解救	153	二、离体小肠平滑肌收缩活动的影响 因素	183
二十九、急性肾血管性高血压及抗高 血压药物的作用	154	三、肠腔内容物渗透压对小肠水分 吸收的影响	184
三十、可乐定的中枢性降压作用	155	四、神经体液因素对胆汁分泌的 影响	185
三十一、拟肾上腺素和抗肾上腺素类 药物对大鼠血压的影响	155	五、四氯化碳实验性肝细胞性黄疸	186
三十二、硝普钠和三磷酸腺苷的降压 作用	156	六、阻塞性黄疸	189
三十三、药物对家兔离体心脏收缩功 能的影响	157	七、肝性脑病及其解救	191
三十四、药物对离体蛙心活动的 影响	158	八、小鼠急性肝功能不全对氨的 耐受性	193
三十五、强心苷对豚鼠在体心脏收缩 功能的影响	159	九、急性肝损害时氨的毒性作用	194
三十六、强心苷对在体蛙心收缩功能 的影响	160	十、家兔肠缺血/再灌注损伤	195
三十七、硝酸甘油的扩血管作用	161	十一、胃溃疡模型的建立与防治	195
三十八、药物对心肌缺血的治疗 作用	162	十二、药物对小鼠消化道运动功能 的影响	196
第四节 呼吸系统	163	第六节 泌尿系统	198
		一、尿生成的影响因素	198
		二、急性中毒性肾功能不全	199
		三、油酸引起的急性缺血性肾功能 衰竭	201
		四、夹闭肾动脉引起的急性缺血性肾 功能衰竭	203
		五、利尿药实验	205
		六、水肿的形成及利尿药的作用	208



第七节 神经系统	209	作用	238
一、窒息对大鼠大脑皮层诱发电位的影响	209	三十二、局灶性脑缺血动物模型的制作及药物的保护作用	239
二、家兔大脑皮层运动机能定位	210	第八节 内分泌与生殖系统	240
三、损伤一侧小脑对躯体运动的影响	211	一、激素的测定方法	240
四、去大脑僵直	212	二、血糖的动态影响因素	242
五、半横断小鼠脊髓实验	213	三、地塞米松的抗炎作用(鼠耳肿胀法)	243
六、脊髓反射与反射时间的测定	214	四、糖皮质激素对红细胞膜的稳定作用	243
七、反射弧的分析	215	五、胰岛素过量反应及其解救	244
八、人体腱反射	216	六、人体 hCG 测定	244
九、人体脑电图的引导	217	第五章 应激、发热及酸碱平衡	246
十、视敏度的测定	218	一、应激	246
十一、视野的测定	218	二、家兔内毒素性发热	247
十二、盲点的测定	219	三、代谢性酸中毒	249
十三、视觉调节和瞳孔对光反射	220	四、家兔单纯性酸碱平衡紊乱	250
十四、人体眼震颤的观察	221	五、实验性气胸与酸碱平衡紊乱	251
十五、人的声源定位	221	第六章 药代动力学与药效学	253
十六、声音的传导途径	221	一、药代动力学实验	253
十七、破坏豚鼠一侧迷路的效应	223	二、药物半数致死量(LD <sub>50</sub> )的测定	255
十八、七氟烷的吸入麻醉	224	三、药物量效曲线的测定	256
十九、血-脑屏障的检测	224	四、pD <sub>2</sub> 和 pA <sub>2</sub> 的测定	257
二十、传出神经系统药物对家兔眼瞳孔的作用	225	五、pH 对药物吸收的影响	263
二十一、传出神经系统药物对蟾蜍离体腹直肌张力的影响作用	226	六、肝脏功能损害对药物作用的影响	263
二十二、传出神经系统药物对家兔离体肠管收缩活动的作用	227	七、给药途径对药物作用的影响	264
二十三、香烟烟碱的急性毒性作用	228	八、机能状态对药物作用的影响	264
二十四、传出神经系统药物对动物血压的影响	229	九、青霉素 G 钾盐和钠盐快速静脉注射的毒性作用	265
二十五、苯巴比妥钠与苯妥英钠的抗惊厥作用	230	十、链霉素毒性反应及氯化钙的拮抗作用	266
二十六、中枢性抑制药中毒的呼吸抑制作用与对抗药的解救效应	231	十一、抗生素对体内感染小鼠的保护作用	266
二十七、氯丙嗪对小鼠激怒反应的镇静安定作用	233	十二、钙镁的对抗作用	268
二十八、氯丙嗪对大鼠体温的影响	234	十三、有机磷酸酯类农药急性中毒及其解救	268
二十九、药物对小鼠学习记忆功能的影响	235	十四、药物对局麻药中毒的保护作用	270
三十、药物的镇痛作用	236	十五、子宫平滑肌兴奋药对离体子宫平滑肌收缩活动的影响	270
三十一、普鲁卡因对家兔的脊髓麻醉		十六、利用豚鼠肠肌标本鉴别未知药品	271
		十七、局麻药作用强度的比较	272
		十八、普萘洛尔的抗缺氧作用(常压	

缺氧法) .....	273	四、细胞静息电位和动作电位与 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 的关系 .....	288
十九、安慰剂的药理效应 .....	273	<b>第九章 医学生物学实验及论文的撰写</b> .....	290
二十、家兔肝功能障碍对磺胺嘧啶的 药代动力学的影响 .....	275	第一节 探索性实验 .....	290
二十一、家兔硫酸镁药代动力学性质 的研究 .....	276	一、概念及其意义 .....	290
二十二、磺胺在动物体内的组织 分布 .....	277	二、探索性实验的基本研究模式 .....	290
<b>第七章 探索性实验</b> .....	279	三、机能学中探索性实验实施 .....	291
一、压力感受性反射在急性失血性 休克过程中的作用 .....	279	第二节 医学生物学科学研究思维方法 与创新 .....	291
二、某些因素对循环、呼吸、泌尿 功能的影响 .....	279	一、医学生物学研究的基本程序 .....	291
三、药物对犬冠脉循环、脑循环和肾 循环血流动力学的影响 .....	282	二、科研质量控制有关参数及其 重要性 .....	292
四、自体血液回输对急性失血动物呼 吸运动和心电活动的影响 .....	284	第三节 机能学实验研究论文的书写 .....	293
<b>第八章 机能学计算机模拟教学实验</b> .....	285	一、一般要求 .....	293
一、神经纤维动作电位 .....	285	二、各项具体内容的写作 .....	294
二、神经干动作电位 .....	286	<b>参考文献</b> .....	296
三、肌肉收缩的力学 .....	287	<b>附录 常用实验动物一般生理常数</b> .....	297

# 第一章 绪 言

## 第一节 机能学实验的目的 和要求

医学机能学主要包括生理学、病理生理学和药理学，是一类实验科学，其理论知识来自实验。因此，机能学实验是研究和发展机能学的基本方法和途径。

医学机能学是医药院校的重要基础课程，在理论和实验技能上为后续课程打下必要的基础。为了适应现代素质教育的需要，将上述三学科中教学实验的精选内容、实验方法和技术重新组合编写成医学机能学实验教程，用于独立开设的医学机能学实验课。

开设机能学实验课的目的，在于通过基本机能学实验和实验研究性训练，学会通用仪器的正确使用，初步掌握机能学实验的基本操作技术，建立科学研究的基本概念，逐步掌握获得机能学知识的科学方法。同时，通过机能学实验，培养学生具有科学的思维方法，开拓创新的精神以及观察问题、分析问题和解决问题的能力。

机能学实验课程的教学要充分调动学生的积极性，发挥他们的主观能动性。做一次实验容易，做好一次实验并非易事。机能学科的每一个基本理论大多都是通过不同的实验室无数次严密的设计好的实验，反复观察，将记录的实验结果分析归纳总结后，所得出的公认的结论，它较真实地反映了研究对象在确定的条件下活动或反应的规律。因此为了达到真实地揭示观察对象的活动规律，机能学实验必须遵循随机、对照和重复的原则，进行系统的观察与研究。但学生实验因时间的限制，特别是重复实验的机会不多，要通过有限的动手实验机会，培养学生的科研能力，首先要培养实验参与者即学生本人对机能学实验的兴趣；其次，在实验前要求学生一丝不苟地做好每一件与实验有关的准备工作，包括相关的理论基础和实验操作技能的准备，熟悉实验内容，预测实验结果，充分估计实验操作难度和可能出现的问题，设计解决的办法；此外，实验过程中，实验组成员明确分工（人人有事做，事事有人做），相互密切配合，仔细观察和翔实记录实验现象，不要轻易放过与预想不同的反应，把握必然与偶然、区分有意义与无意义的实验结果，此为

培养学生协作精神以及观察问题、分析问题和解决问题能力的必由之路；第四，对实验结果应有更深层的思考，因为书本上的实验都是成熟及经典的实验内容，结果已经知道，但如果能对实验结果进行一些更深入的讨论，例如坐骨神经干复合动作电位引导实验，记录到一个典型的双向波形后，可试用证据说明它不是干扰波而确实是神经干受刺激后产生的膜电位的变化，也应该思考前一波幅的绝对值比后一波幅大，为什么神经干的动作电位幅度在一定范围内随刺激的强度增加而增大，但既不像串联的电池按比例增加，又不像并联的电池保持电压固定不变等。弄清这些问题，需要物理的电学知识，也要机能学的专业知识。弄懂这些问题，不仅加强了与相邻学科基础理论之间的联系，而且能拓宽知识，开阔思路，加深专业知识的理解，将使基础理论学得更扎实，使用更灵活；第五，有条件要安排由学生自己设计的机能学实验，实践证明设计性机能学实验，能检验学生的综合能力和引起学生的极大兴趣，通过成功的设计性实验所学到的综合性知识和技能将使参与者受益终身。

为了实现机能学实验课的目的，要求学生做到：

### 1. 实验前

(1) 仔细阅读实验教程，了解本次实验的目的和要求，充分理解实验原理，熟悉实验步骤、操作程序、实验项目和注意事项。

(2) 结合实验内容复习有关理论，做到充分理解。

(3) 预测该实验各个步骤可能得到的结果，对预期的实验结果能作出合理的解释。

(4) 注意和估计实验中可能发生的误差，并制定防止误差的措施。

(5) 通过查阅资料及思考，设想一些可能与理论不符的实验现象，开拓创新性思维。

### 2. 实验时

(1) 实验器材的放置力求整齐、稳妥、有条不紊和操作方便。

(2) 保持实验室安静，不得进行与实验无关的活动。

(3) 注意保护实验动物和标本，使其始终处于良好的机能状态。按照操作规程正确使用仪器和手术器械。爱护公物，注意节省实验器材和药品。注意安全，严防触电、火灾、被动物咬伤及中毒事故

的发生。

(4) 按照实验步骤, 严肃认真地循序操作, 不能随意更动。

(5) 仔细、耐心地观察实验中出现的现象, 随时客观地记录实验结果, 及时加上必要的文字注释, 不可单凭记忆, 以免发生错误或遗漏。在实验过程中, 实验条件应始终保持一致, 如有变动, 应加文字说明。

(6) 联系有关理论知识对实验结果进行思考: 出现了什么结果? 为什么出现这种结果? 这种结果有什么理论或实际意义? 若出现非预期结果, 应分析其原因, 包括一些与理论不符、深究下去可能有新发现的实验现象, 为以后的创新性实验做好准备。

### 3. 实验后

(1) 整理实验仪器和用具, 关闭仪器、设备的电源开关。洗净擦干手术器械并安放整齐。清点实验用具, 如有损坏或短少应立即报告指导教师。临时借用的器械或物品如数归还。按规定妥善处理实验后的动物和标本。

(2) 整理实验记录, 对实验结果进行分析讨论, 作出实验结论。

(3) 认真撰写实验报告, 按时交指导教师评阅。

(4) 对一些与理论不符的实验现象, 应和指导教师及同学讨论, 决定是否进一步开展探索性实验, 以求新发现。

## 第二节 实验观察指标的选择

医学机能学实验是对人体或动物的生理机能以及致病因子、药物引起的机能变化进行实验观察, 探讨各种生理机能活动及其异常变化的规律和机制, 药物的治疗作用及作用原理。因此, 选择实验观察指标应注意以下几点:

(1) 该观察指标能灵敏、可靠地反映实验对象的某种机能活动及其变化过程。例如, 可采用动脉血压、心率、心输出量和通过计算所得到的外周血管阻力为指标, 观察心血管活动及其某些因素对心血管活动的影响; 以呼吸运动或膈神经放电为指标, 观察呼吸中枢的节律性活动及某些因素对呼吸运动的影响; 用尿量为指标, 观察某些因素对尿生成的影响等。

(2) 尽量使用可测量的观察指标。因为可测量的指标能客观、精确地反映被观察对象的机能活动的变化及变化程度, 从而消除主观或模棱两可因素对实验结果判断的影响。更何况生物学的实验结果常常受到实验动物本身的机能状况、环境因素等多方面的影响, 而采用可测量指标所获得的结果数据,

可经统计学处理, 以判定观察指标的变化是否显著, 实验结果有无统计学意义。前面列举几项实验观察指标均属于可测量指标, 其变化数据可通过仪器测量而获得。

(3) 有些实验的结果难以用仪器定量记录, 但能通过客观、具体、准确地描述, 或用摄像或照相的方法记录结果, 如去大脑僵直、大脑皮层机能定位、动物一侧迷路破坏的效应、微循环的观察等实验的结果。有些实验, 如微循环的观察, 还能应用动态图像分析系统实时记录和分析某些指标数据的变化。

(4) 尽可能利用新技术观察一些传统技术观察不到的新的实验现象, 以求创新。

## 第三节 实验观察、结果的记录与处理

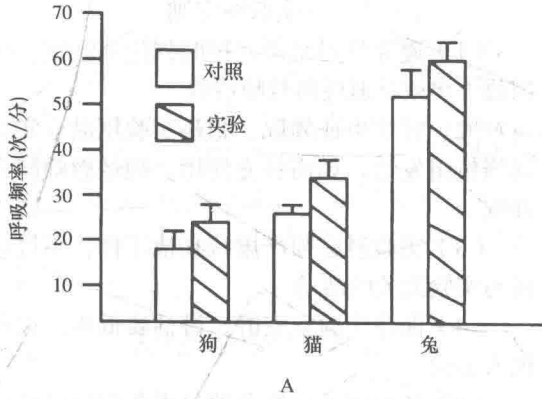
在实验过程中, 要仔细、耐心地观察并及时记录每项实验出现的结果。若出现非预期结果或其他异常现象, 也应如实记录。实验记录要做到客观、具体、清楚、完整。如刺激的种类、强度、时间、所用药物的名称、剂量、给药时间和途径, 动物或标本对刺激或药物的反应性质、特征、强度、持续时间、变化过程等, 都应逐一记录。在每次刺激或给药前, 均要有正常对照, 以便与刺激或给药后的变化进行对比, 要等前一项实验的结果恢复稳定后再进行下一项实验。为了保证实验结果真实可靠, 并便于分析, 实验条件应始终保持一致, 如环境温度、动物的机能状态、刺激条件、记录仪的走纸速度等均应保持前后一致。若有变动, 应及时注明。如果出现可能影响实验结果的非实验因素, 也应及时作文字说明。

实验记录的结果必须进行整理和分析, 以明确实验结果的可靠性, 分析其产生的原因或机理, 得出正确的结论。

实验中得到的结果数据, 一般称为原始资料。原始资料可分为测量资料和计数资料两大类。测量资料是以数值大小来表示某事物变化的程度, 例如心率、血压值、血流量、呼吸频率、尿量、血糖浓度、神经冲动频率等。这类资料可用测量仪器获得, 也可通过测量实验描记的曲线而得到。计数资料是清点数目所得到的结果, 例如动物实验中记录存活或死亡动物的数目, 又如白细胞分类计数等。在取得一定数量标本的原始资料后, 即可进行统计学处理, 得到可用来对实验结果某些规律性进行适当评价的数值, 有些数值如率、比、平均数、标准差、

标准误、相关系数等，称为统计指标。经统计学处理的结果数据，为了便于比较和分析，可用表格或绘图表示。用表格表达实验结果，应事先制出完善的表格。一般将观察项目列在表内左侧，由上而下逐项填写。表内右侧可按时间或数量变化的顺序或不同的观察指标，由左至右逐格写入相应的结果数据，包括均数及标准差或标准误。

绘图表达实验结果，需要周密设计和精心制图，来准确表示实验中某变量的增减或变化过程，以及



诸变量之间的相互关系，使人一目了然，易于理解和便于分析。常用于表达实验结果的图形有直方图和坐标图。

(1) 直方图适用于比较在不同情况下所收集到的一系列不连续的或性质不同的数据。例如，从健康受试者在安静和进行不同强度劳动时测定的能量代谢率，或从不同种类的动物体上收集到安静状态下的血压、心率、呼吸频率等数据，均可用直方图来比较(图 1-1)。

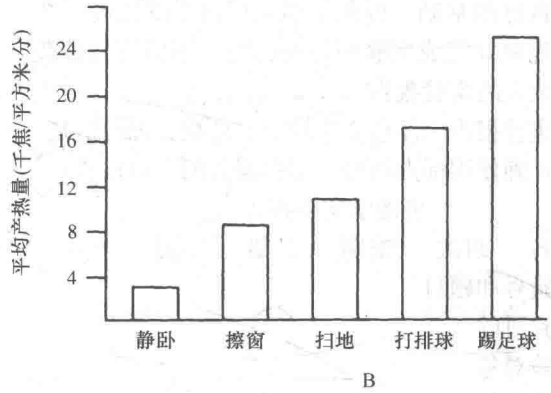


图 1-1 直方图

A. 实验前后狗、猫和兔的呼吸频率变化的; B. 劳动或运动时的能量代谢率

直方图也可用于组间某变量的比较，但各组的直方图应能被区分开来。绘制直方图时，各组直方图的宽度应相同，长度表示该组结果数据的均数，其标准差或标准误的表示方法是在直方图的顶端划一适当长度的垂直线，并在线的两端划一水平短线。垂直线在直方图顶端内外各为 1/2 长度，并与所表示的标准差或标准误一致，图外为正值，图内为负值。也可只划出直方图顶端外的一段垂直线。

(2) 当两个相关联的变量呈连续变化时，可采用绘制坐标图(曲线图)的形式表示。

(3) 对实验结果的观察要细致入微，善于捕捉一些不太容易察觉的迥异、有趣的现象，或许是新发现的前奏。

(4) 充分发挥学生的数理化知识优势，对一些实验结果做深入处理和分析，可能会有一些新发现。

例如，在刺激或药物作用下血压的变化过程，可用坐标图表示。绘制坐标图时，一般以横坐标表示的变量是不受实验因素影响的变化(如时间)；纵坐标表示的变量是实验因素(如刺激、药物等)引起的变化。可分别将对照组和实验组变量的各数据点连接起来绘成曲线，以表示各组数据变化的过程或趋势见图 1-2。

曲线中各数据点的数值是样本的变量在该点的均数，其标准差或标准误的表示方法与“直方图”

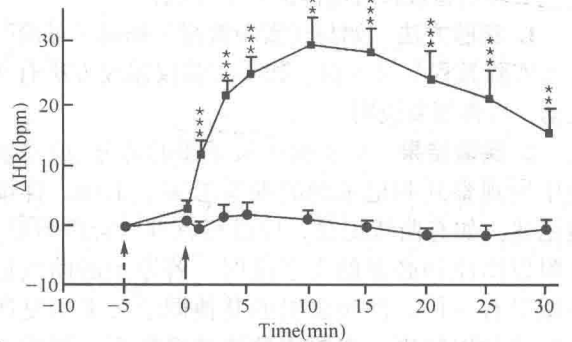


图 1-2 室旁核内微量注射荷包牡丹碱对心率的影响 ΔHR。心率的变化(次/分，均值±标准误)；↑.注射 NS (0.5 μl) 或荷包牡丹碱 (4 μg/0.5 μl)；●—●: NS 对照组 (n=10)；■—■: 荷包牡丹碱组 (n=10)；与 NS 对照组比较：\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

中所述相同。通常将对照组和实验组相同指标的数据变化曲线绘制在同一坐标图上，以便组间比较，但需将各组的曲线加以区分，以便识别。坐标图的纵横两轴应有标目，标目如有单位必须注明。坐标轴上的标度应长短适当，使绘出的曲线在图中均匀分布，不致过于集中。绘图完成后，必须注明图号、图题和图注，图注应明确简练。

凡有曲线记录的实验，应保持曲线记录的客观性，不可随意修改或取舍。整理曲线图时，应在图上标注说明，要有刺激记号、时间记号等。

## 第四节 实验报告书写要求

写实验报告是对实验的总结,也是机能学实验课的一项基本训练。通过书写实验报告,可以熟悉撰写科学论文的基本格式,学会绘制图表的方法,可以应用学过的有关理论知识或查阅的有关文献资料,对实验结果进行分析和解释,作出实验结论,从而使学生应用知识、独立思考、分析和解决问题的能力以及书写能力得到提高,为将来撰写科学论文打下良好的基础。因此学生应以科学的态度,严肃认真地独立完成实验报告的书写,不应盲目抄袭书本和他人的实验报告。

写实验报告应注意文字简练、通顺、书写清楚、整洁、正确使用标点符号。实验报告的一般格式:

### 机能学实验报告

姓名 班次 组别 日期 室温 气压

实验号和题目

实验目的

实验对象

实验方法

实验结果

讨论和结论

书写实验报告时应注意以下几点:

**1. 实验方法** 如与《实验教程》相同,可简写见《实验教程》××页。如果实验仪器或方法有所变动,可作简要说明。

**2. 实验结果** 是实验中最重要的一部分。应将实验中所观察到和记录到的现象忠实、正确、详细地记述。如有曲线记录,应进行整理,合理剪贴,并附以图注和必要的文字说明。若原始的曲线记录图只有一份,同实验组的其他同学可采用复印等方法加以解决。有些实验的结果数据,可绘制图表来表达。

**3. 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。分析推理要有根据,符合逻辑。还要指出实验结果的理论或实际意

义。如果出现非预期的结果,应考虑和分析其可能的原因,并写入讨论中,请教师评阅。结论是从实验结果和讨论中归纳出一般的、概括性的判断,也就是本次实验所能验证的概念或理论的简明总结。结论应与本次实验的目的相呼应。结论的书写应简明扼要,概括性强,不要罗列具体的结果,也不能轻易推断或引申。未能在实验结果中得到充分证据的理论分析不应写入结论。参考的课外资料应注明出处。

### 实验室守则

(1) 遵守学习纪律,按时到达实验室。实验时因故外出或早退应向教师请假。

(2) 凭学生证领取、归还实验用品。实验用的动物按组发给,如需补充使用,须经教师同意才能补领。

(3) 实验时必须严肃认真地工作,不得进行任何与实验无关的活动。

(4) 保持实验室安静,讲话要低声,以免影响他人实验。

(5) 各组实验仪器和器材由各组自己使用,不得与他组调换,以免混乱。如仪器发生故障,应立即报告负责教师,以便修理或更换,不要自行拆卸或修理。因违反操作规程而损坏仪器设备要赔偿。

(6) 爱护公共财物,注意节约各种实验器材和用品。

(7) 保持实验室清洁整齐,不必要的物品不带进实验室。实验完毕后,应将手术器械洗净擦干,将实验器材、用品和实验台收拾干净,数点清楚,不可零乱。动物尸体、废品及纸片应放到指定地点,不要随地乱丢。下课后由值日生打扫实验室清洁,关好门、窗、水、电、气,以确保安全。

(曹济民)

## 第二章 机能学实验的基本知识

### 第一节 实验动物的基本知识

实验动物是指经人工饲养，对其携带的微生物实行控制，遗传背景明确或者来源清楚的，用于科学研究、教学、生产、检定以及其他科学实验的动物。机能学实验主要以实验动物及其组织标本为研究对象，通过观察实验动物或其组织标本的基本生理生化反应、疾病发生的病理生理机制，分析干扰因素的影响或药物的作用与效应等。因此，合理正确地选择和使用实验动物，熟练掌握实验操作的基本方法与技巧是顺利完成动物实验并获得可靠实验结果的保证。

#### 一、实验动物的种类

随着科学技术及动物实验研究的进展，生物医学研究使用的实验动物的数量与种群愈来愈多。为此，常根据动物的遗传学原理、微生物学控制原理等对实验动物进行科学分类。

##### (一) 按遗传学控制原理分类

按遗传学控制方法，根据基因纯合的程度，把实验动物分类为：近交系、突变系、杂交群、封闭群四类。

1. 近交系动物 (inbred strain animals) 近交系动物一般称之为纯系动物。是采用兄妹交配或亲子交配，连续繁殖 20 代以上而培育出来的纯品系动物。

2. 突变系动物 (mutant strain animals) 是保持有特殊的突变基因的品系动物，也就是正常染色体的基因发生了变异的、具有各种遗传缺陷的品系动物。

3. 杂交群动物 (hybrid animals) 也称杂交一代动物或系统杂交动物，是指两个近交品系动物之间进行有计划交配所获得的第一代动物，简称 F1 动物。

4. 封闭群动物 (closed colony animals) 是指一个动物种群在五年以上不从外部引进其他任何品种的新血缘，由同一血缘品种的动物进行随意交配，在固定场所保持繁殖的动物群。

##### (二) 按微生物学控制原理分类

通过微生物学的监察手段，按对微生物控制的净化程度，把实验动物区分为无菌动物、悉生动物、

无特定病原体动物和清洁动物四类。

1. 无菌动物 (germ free animals) 是指机体内外均无任何寄生物 (微生物和寄生虫，包括绝大部分病毒) 的动物。此种动物在自然界中并不存在，必须用人为的方法培育出来。

2. 悉生动物 (gnotobiotic animals) 是指机体内带着已知微生物 (动物或植物) 的动物。

3. 无特定病原体动物 (specific pathogen-free animals) 是指机体内无特定的微生物和寄生虫存在的动物，简称 SPF 动物。

4. 清洁普通动物 (clean conventional animal, CCV) 亦称最低限度疾病动物 (minimal disease animal, MDA) 或称清洁动物 (clean animal, CL)。

普通动物 (conventional animals) 是未经积极的微生物学控制，严格的说只能称为“实验用动物”，而非“实验动物”；普通动物大都饲养在开放卫生环境里的动物，只能供教学和一般性实验，不适用于科学研究实验。

##### (三) 按我国实际情况分类

一九八八年十一月，国家科学技术委员会发布施行的《实验动物管理条例》将实验动物分为四级：一级，普通动物 (conventional animals)；二级，清洁动物 (clean animals)；三级，无特定病原体动物 (specific pathogen free animals)；四级，无菌动物 (germ free animals)。

#### 二、实验动物的品种品系

实验动物的品种和品系是衡量实验动物质量与科研水平的重要条件。品种是指由于长期进行自然或人工选择，而形成的在外表性状、生长发育性状、繁殖性状及其他性能等与其他同类动物有明显区别，并具有一定数量的群体。如目前我国各生物制品、医学研究单位繁育使用的小鼠多为昆明种。品系是同一品种内具有共同特点、彼此有亲缘关系的个体所组成的遗传性稳定的群体。由于遗传变异和自然选择的作用，即使同一种属动物，也可以有许多多品系，虽然它们在作为分类鉴定的一些主要性状上是相同的，但是在次要性状 (如生化性状、代谢产物和产量性状) 上可以有或大或小的差异。同一种属不同品系的动物，对同一刺激的反应有很大差异。不同品系的动物对同一刺激具有不同反应，

而且各个品系均有其独特的品系特征。

**1. 近交品系 (inbred strain)** 近交系动物具有基因位点的纯合性、遗传组成的同源性、表型一致性、长期遗传稳定性、遗传特征的可分辨性、遗传组成的独特性、分布的广泛性和背景资料的完整等特征,是实验动物学研究和培育品系最多的实验动物。

**2. 突变品系 (mutation gallery)** 是保持有特殊的突变基因的品系动物,也就是正常染色体的基因发生了变异的、具有各种遗传缺陷的品系动物。生物在长期繁殖过程中,子代突变发生变异,其变异的遗传基因等位点可遗传下去,或即使没有明确的遗传基因等位点,但经过淘汰和选拔后,仍能维持稳定的遗传性质。这种变化了的能保持遗传基因特性的品系,称之为突变品系。在小鼠和大鼠中,通过自然突变和人工定向突变,已培育出很多突变品系动物。

**3. 杂交 (hybrid colony)** 一代动物 (F1) 品系是指两个近交品系动物之间进行有计划交配所获得的第一代动物。简称 F1 动物。F1 动物品质的好坏完全取决于其亲代特点。因此,选择遗传特性能表现出杂交优势、组合力强、具有研究实验所要求的特性的、具有较强的亲和力和较少的异质差异等特征的两个品系作杂交组合,从中选出最理想的杂交品系组合,作为大量繁殖杂交 F1 的双亲,进行杂交 F1 繁殖。

**4. 封闭群 (closed colony)** 动物品系是指一个动物种群在五年以上不从外部引进其他任何品种的新血缘,由同一血缘品种的动物进行随意交配,在固定场所保持繁殖的动物群。一般对群的大小、封闭年月、繁殖结构等均有明确的规定。可分为起源于近交系但并不进行兄妹交配的维持群和不起源于近交系亦不进行兄妹交配的维持群。也就是在这固定的一群动物中,有的可能有近交关系,有的则无近交关系,但都要避免兄妹交配,也要避免亲子、表兄妹、侄伯之间相互交配,保持其一定的遗传差异。

### 三、实验动物的选择

#### (一) 选择原则

**1. 选用与人的机能、代谢、结构及疾病特点相似的实验动物** 医学科学研究的根本目的是要解决人类疾病的预防和治疗问题。因此,动物的种系发展阶段是选择实验动物时应优先考虑的问题。在实际可能的条件下,尽量选择那些机能、代谢、结构与人类相似的实验动物做实验。一般来说,实验动物愈高等、进化愈高,其结构、机能和代谢愈复杂,

反应就愈接近人类。

**2. 选用遗传背景明确具有已知菌丛和模型性状显著且稳定的动物** 医学科研实验中的一个关键问题,就是怎样使动物实验的结果正确可靠、有规律,从而达到精确判定实验结果,得出正确的结论。因此,要尽量选用经遗传学、微生物学、营养学、环境卫生学的控制而培育的标准化实验动物,才能排除因实验动物带细菌、带病毒、带寄生虫和潜在疾病对实验结果的影响;也才能排除因实验动物杂交、遗传上不均质、个体差异所致反应不一致;才能便于把我们所获得的实验研究成果在国际间进行学术交流。

**3. 选用解剖和生理特点符合实验目的要求的动物** 选用解剖生理特点符合实验目的要求的实验动物做实验,是保证实验成功的关键问题。某些实验动物具有某些典型的解剖或生理特点,为实验观察提供了便利条件,如能适当使用,将减少实验准备方面的麻烦,降低操作的难度,使实验容易成功。

**4. 选择不同种系实验动物存在的某些特殊反应的动物** 不同种系实验动物对同一因素的反应虽然往往是相似的,即有它共同性的一面,但也往往会出特殊反映的情况,有它的特殊性,实验研究中常要选用那些对干扰因素最敏感的动物作为实验对象,因此不同动物实验存在的某些特殊反应性在选择实验动物时更为重要。

**5. 选用人畜共患疾病的实验动物和传统应用的实验动物** 有些疾病的病源不仅对人而且对动物也造成相似的疾病。由此提供研究病因学、流行病学、发病机理、预防和治疗的良好动物模型。如黑热病地区的家犬也感染利朵曼原虫发病,犬当然就成为研究黑热病的最好实验动物。

**6. 选用易获得易养易繁殖符合节约原则的动物** 根据实验目的和要求不同而选用相应的实验动物,选用对实验因素敏感的实验动物,能获得真实可靠的数据,并符合节约的原则。例如测定药物的 LD<sub>50</sub> 和 ED<sub>50</sub>, 常选用小鼠。

#### (二) 机能学实验常用实验动物

**1. 蛙和蟾蜍** 蛙和蟾蜍容易获得、离体组织器官实验条件容易达到,是医学实验中常用的动物。在生理、药理实验中,蛙类的心脏在离体情况下可长时间、有节律地搏动,所以常用来研究心脏的生理功能、药物对心脏的作用等。蛙类的腓肠肌和坐骨神经可以用来观察外周神经的生理功能,以及药物对坐骨神经、横纹肌或神经肌肉接头的作用。蛙的腹直肌还可以用于鉴定拟胆碱药物。蛙还常用来做脊休克、脊髓反射和反射弧分析等实验。



**2. 小鼠** 由于小鼠的体形小, 生长繁殖快, 成熟早, 性情温顺, 对外来刺激敏感, 质量标准明确, 易于饲养管理和大量繁殖且价廉, 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等。此外, 破坏小脑动物观察、去大脑僵直等实验也常选用小鼠。小鼠是生物医学领域品种最多、用量最大、用途最广的哺乳类实验动物。目前, 我国生物医学动物实验中使用最多的是昆明小鼠 (Kunming mice, KM 小鼠), 昆明小鼠是我国生产量、使用量最大的远交群小鼠, 来源于 swiss 小鼠。

**3. 大鼠** 大鼠是最常用的实验动物之一, 其用量仅次于小鼠。大鼠的特点与小鼠相似, 但体型较大。一些在小鼠身上不便进行的实验可改用大鼠。如大鼠的血压和人相近, 且较稳定, 常选用大鼠进行心血管功能的研究。在抗高血压药的研究开发中, 自发性高血压大鼠 (SHR) 品系是最常采用的动物。目前, 我国生物医学动物实验中使用最多的是 Wistar 大鼠和 SD 大鼠。Wistar 大鼠为大鼠 *rattus norvegicus* 的一个品系, 1907 年由美国维斯塔尔 wistar 研究所育成, 现已遍及世界各国的实验室。SD 大鼠为 *rattus norvegicus* 的一个品系, 1925 年, 美国斯泼累格·多雷农场用 Wistar 大鼠培育而成。

**4. 豚鼠** 对组织胺很敏感, 易致敏, 常用于哮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及心肌细胞动作电位实验, 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。

**5. 家兔** 温顺、易饲养, 常用于观察药物对心脏活动、呼吸运动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系统的作用、体温实

验、热源检查及避孕药实验等。

**6. 猫** 猫对外科手术的耐受性较强, 血压较稳定, 故常用于血压实验, 但价格较昂贵。此外, 猫也常用于心血管药物及中枢神经系统药物的研究。

**7. 犬** 常用于观察药物对心脏泵血功能和血流动力学的影响, 心肌细胞、浦肯野纤维电生理研究, 降压药及抗休克药的研究等。犬还可以通过训练, 用于慢性实验研究, 如条件反射、高血压的实验治疗、胃肠蠕动和分泌实验、慢性毒性实验和中枢神经系统的实验等。现在, 新药开发研究中, 部分实验 (如 II 类以上新药的长期毒性试验) 要求使用 Beagle 犬。Beagle 犬又名“比格犬”, 是一种原产于英国的小型猎兔犬, 由于体形适中、性情温顺、遗传性状稳定、实验结果重复性好、适应性强等优点, 经 100 多年的驯养成为标准实验动物。它被广泛应用于医学、生物学、病理学、肿瘤学、药理学、生物化学等生命科学领域。1950 年美国推荐 Beagle 犬作为标准实验用犬, 获得了大多数国家的认可, 并被 WHO (世界卫生组织) 推荐为安全性评价研究的首选用犬。

## 四、实验动物的随机分组与标记

### (一) 实验动物的随机分组

动物实验时, 常常按研究需要分组。分组时为了避免人为的因素影响, 常应用随机数字表进行完全随机化的分组。

如某实验需随机分成两组, 设有小鼠 14 号, 试用随机数字表将其分成两组。先将小鼠依次编为 1、2、3…14 号, 然后任意从随机数字表的某一行某一数字开始抄录 14 个数。令单数代表 A 组, 双数代表 B 组, 便可将小鼠分为 A、B 两组。

动物编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
随机数目	16	22	77	94	39	49	54	43	54	82	17	37	93	24
归组	B	B	A	B	A	A	B	A	B	B	A	A	A	B

### (二) 实验动物的标记

**1. 颜料涂染标记法** 对小鼠、大鼠等体型较小动物常用被毛涂色标记方法标记。该方法使用的颜料一般有 3%~5% 苦味酸溶液 (黄)、2% 硝酸银 (咖啡色) 溶液和 0.5% 中性品红溶液 (红色) 等。标记时用毛笔或棉签蘸取上述溶液, 在动物身体的不同部位涂上斑点, 以示不同号码。编号的原则是: 先左后右, 从上到下。一般涂标在左前腿上的斑点标

志为 1 号, 左侧侧腹部为 2 号, 左后腿为 3 号, 头顶部为 4 号, 背部为 5 号, 尾基部为 6 号, 右前腿为 7 号, 右侧侧腹部为 8 号, 右后腿计为 9 号。若动物编号超过 10 或更大数字时, 可使用上述两种不同颜色的溶液, 即把一种颜色作为个位数, 另一种颜色作为十位数, 这种交互使用可编到 99 号, 假使把红的记为十位数, 黄色记为个位数, 那么右后腿黄斑, 头顶红斑, 则表示是 49 号, 其余类推 (图 2-1)。