



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

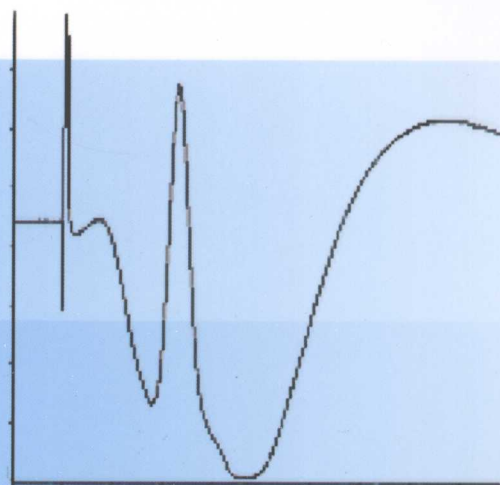
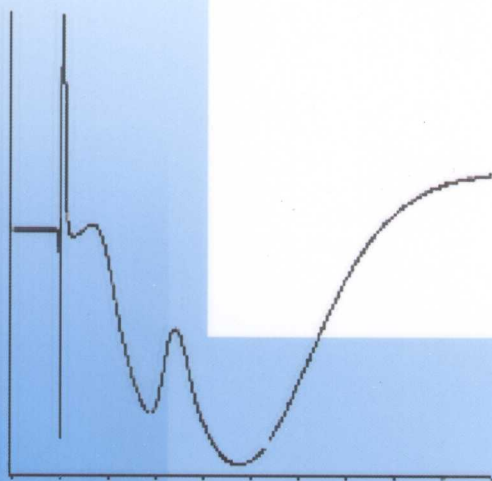
全国高等医药院校规划教材

供临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、检验、
护理、法医等医学类专业使用

医学机能学实验教程

第 3 版

胡还忠 主编



科学出版社

www.sciencep.com



清华大学出版社

QINGHUA UNIVERSITY PRESS

北京清华大学学研大厦A座

0100125 北京 电话: (010) 62770175

ISBN 7-302-11111-1
定价: 35.00元

医学机能学实验教程

第3版



清华大学出版社

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、法医等医学类专业使用

医学机能学实验教程

第3版

主 编 胡还忠
副主编 王建枝 郭莲军 管茶香 万 瑜 王 维
曹济民 余上斌 邓华瑜 吴基良 张 业
顾 问 王迪浔 黄承钧 魏劲波 樊继云

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

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书包括机能学实验的基础知识、基础实验和综合性实验等内容,共8章。其中实验方法29种(类),基础实验113个,综合性实验20个。

本书根据机能学特别是电生理学的实验特点,系统地介绍了生物电子学的基础知识,生物电放大器、微电极放大器工作的基本原理和全细胞电压钳技术的电子学基础;保留了难度较大的部分机能学实验;介绍了机能学创新性实验设计及实验研究论文的撰写。内容的编排顺序有了部分变化,使之更适用于目前的机能学实验教学模式,增加了一些新的实验方法和难度较大的实验技术,供使用者选用和参考。

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。内容安排由浅入深,由简至繁。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医学、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、七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 / 胡还忠主编. —3版. —北京:科学出版社, 2010.1

(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 978-7-03-026497-8

I. ①医… II. ①胡… III. ①机能(生物)-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(2010)第015145号

策划编辑:李国红 / 责任编辑:邹梦娜 李国红 / 责任校对:张小霞
责任印制:刘士平 / 封面设计:黄超

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>

魏志印刷厂印刷

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

2005年9月第二版 印张:20

2010年1月第三版 字数:601 000

2010年1月第九次印刷 印数:22 001—27 000

定价:39.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

早春二月,梅花绽放,香气宜人,《医学机能学实验教程》的全体编委汇聚江城武汉,为第3版教材的编写出谋献策,确定了“教材的编写必须服从教学改革需要,实验教材必须为实验教学改革服务”的原则。仲夏七月,骄阳似火,编委们在美丽的厦门大学医学院再次聚集,以制订名称、操作等标准化为中心任务,全面审定了本书第3版文稿。

“面向现代化,面向世界,面向未来”培养高素质的高级医药学人才,是我国高等医学教育的国策。针对社会需求,长学制医学生的招生与教育已成为近年来医学教育改革的热点,机能学实验教学必须有与之相适应的教材。机能学实验的教学目的在于通过具体的实验技能训练,使学生初步具备参与科学研究工作的技术能力和素质,教材起到重要作用。经过近十年的实践,再次组织了十四所医药院校的生理学、病理生理学及药理学有丰富教学经验的一线专家,联合撰写了普通高等教育“十一五”国家级规划教材《医学机能学实验教程》第3版,以期有效地提高机能学实验教学质量,为机能学实验教学改革尽微薄之力。

大多数的机能学实验内容都依赖于生物电子学仪器乃至电子计算机。因此,完成机能学实验教学任务,不仅要学生有较好的相关学科的理论基础,还要具备一些生物电子学的基础知识和一定的计算机操作能力。本书系统地介绍了生物电子学的基础知识,生物信号通用放大器和微电极放大器工作的基本原理,全细胞电压钳技术的电子学基础。本版大幅地减去了过时的仪器及其他有专门书籍介绍的内容。本书含机能学实验的基础知识、基础实验和综合性实验等内容,共8章。其中实验方法29种(类),基础实验113个,综合性实验20个。除编排了较多的基础实验内容外,还介绍一些难度较大的机能学实验;安排了部分综合性实验,编入了创新性实验设计及机能学实验研究论文的书写等内容。

为了适应教学需要,内容编排顺序有了一些变化,同时新增加了一些实验方法和实验技术,力求使本教材系统、科学、趣味、可读和实用。各校机能学的实验教学设备基本以不同类型的生物信号采集分析系统为主,因此,只要技术条件成熟,均可开展技术难度较大而对学生操作训练较强的实验内容的教学。长学制的学生都需要进行基础科研工作,本教材提供的不同的实验方法和相关的实验内容对实验教学及学生科研工作都将有所帮助。

搞好医学机能学实验教学,不但需要具备精良的仪器设备、高素质的学生与教师,还必须具有与教学改革相适应的高质量的教材。本书的编撰工作,尽可能发挥编委会、出版社和机能学实验仪器研发单位联合体的作用,使机能学实验教学、实验教材的编撰、出版及机能学实验仪器研发相互促进,共同发展。

本书的撰写得到了华中科技大学同济医学院及厦门大学医学院各级领导的关怀,参编单位领导的支持;四位顾问的参与和全程指导;全体参编人员近十年的精诚合作和艰辛努力;科学出版社、成都仪器厂及成都泰盟科技有限公司的大力支持,才使本书如期出版,在此一并致谢。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材《医学机能学实验教程》第3版是全体编委积长期教学实践之大成,辛勤耕耘之结晶,以此特别献给伟大祖国六十华诞,愿祖国的医学教育事业繁荣昌盛。

本书内容涵盖面广,适用范围宽,不仅用于医药院校临床医学、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、七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。

尽管本书历经近十年之磨砺,但书中不足乃至错误仍难免,恭请使用本书的广大师生提出宝贵意见,以便再版时进一步订正。

编 者

2009年8月于武汉同济

目 录

前言	
第1章 绪论	(1)
第一节 机能学实验的目的和要求	(1)
一、实验前	(1)
二、实验时	(1)
三、实验后	(2)
第二节 实验观察指标的选择	(2)
第三节 实验结果的观察、记录与处理	(2)
第四节 实验报告书写要求	(4)
第2章 机能学实验的基本知识与基本技能	(5)
第一节 实验动物的基本知识	(5)
一、实验动物的种类	(5)
二、实验动物的品种、品系	(5)
三、实验动物的选择	(6)
四、实验动物的随机分组与标记	(7)
五、实验动物的保护	(8)
第二节 实验动物用药量的确定及计算方法	(9)
一、动物给药量的确定	(9)
二、人与动物及各类动物间药物剂量的换算	(9)
第三节 实验动物的给药途径与技术	(10)
一、经口给药	(10)
二、注射给药	(11)
第四节 几种常用实验动物麻醉方法	(12)
一、吸入麻醉	(12)
二、注射麻醉	(12)
三、局部麻醉	(13)
第五节 机能学实验常用生理溶液的配制	(13)
一、常用生理溶液成分与含量	(13)
二、配制生理溶液的方法	(14)
第六节 常用手术器械	(14)
一、蛙类手术器械	(14)
二、哺乳类手术器械	(15)
第七节 哺乳动物实验操作技术	(15)
一、动物固定、剪毛	(15)
二、切开皮肤、皮下组织和止血	(16)
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	(20)
六、动物实验意外的处理	(21)
七、实验动物的处死	(22)
第八节 离体标本的制备	(22)
一、两栖类动物组织标本的制备	(22)
二、哺乳动物组织标本的制备	(26)
第3章 机能学实验仪器的原理与操作	(32)
第一节 中国医学机能学实验教学记录仪器的发展	(32)
第二节 生物电活动的记录及电子学基础	(33)
一、概述	(33)
二、生物电电压放大器的性能及工作原理	(34)
三、微电极电压记录的电生理学方法	(44)
四、单管玻璃微电极的控制	(46)
五、单电极全细胞电压钳制技术的电子学基础	(48)
六、电极	(53)
七、干扰	(56)
第三节 微循环的图像观察与处理	(58)
第四节 血气分析原理及方法	(59)
一、血气分析原理	(59)
二、测量指标	(59)
三、操作方法	(59)
四、注意事项	(59)
第五节 液体电解质测定原理及方法	(60)
一、工作原理	(60)
二、测定方法	(60)
三、样品处理	(60)
四、注意事项	(60)
第六节 计算机与机能学实验	(60)
第七节 RM6240C 计算机生物信号采集分析系统	(64)
一、系统特点	(64)
二、仪器面板	(64)
三、窗口界面	(64)
四、基本功能及使用	(65)
第八节 BL-420F 生物机能学实验系统	(68)
一、概述	(68)

二、原理	(68)	二十三、豚鼠耳蜗微音器效应	(112)
三、BL-420F 生物机能实验系统的 使用	(68)	二十四、手指容积脉搏波的描记	(113)
第九节 张力的记录原理	(71)	二十五、人体右手握力、右前臂肌肉电活动 的同步记录与定量分析	(114)
一、惠斯登电桥工作原理	(71)	二十六、人体心音图、心电图与食指脉搏图的 同步记录与定量分析	(115)
二、张力换能器及其工作原理	(71)	二十七、人体眼肌电活动的记录与定量分析	(115)
第十节 BI-2000 图像处理系统的功能简介	(72)	二十八、实验动物行为学实验方法	(116)
一、基本结构与功能	(72)	二十九、受体的检测	(124)
二、BI-2000 图像处理系统基本操作步骤 ..	(72)	第 5 章 机能学基础实验(上)	(130)
第 4 章 机能学实验常用方法	(75)	一、蛙坐骨神经双相、单相动作电位的记录 与强度法则的观察	(130)
一、蛙在体心肌细胞内动作电位、ECG 及心脏收缩的同步记录	(75)	二、蛙坐骨神经兴奋传导速度和不应期测定	(131)
二、豚鼠离体心房肌细胞内动作电位及收 缩力的同步记录	(76)	三、负荷对肌肉收缩的影响	(132)
三、心脏电活动的点阵电极标测技术	(77)	四、电刺激与骨骼肌收缩活动的关系 ..	(134)
四、多电极阵列记录技术	(78)	五、血红蛋白量的测定	(135)
五、家兔开胸术及室颤的诱发	(79)	六、红细胞沉降率的测定	(136)
六、家兔心电图、减压神经放电及颈动脉血 压的同步记录	(82)	七、红细胞渗透脆性实验	(136)
七、家兔心电图、肾神经放电及颈总动脉血 压的同步记录	(83)	八、出血时间的测定	(137)
八、实验动物血压的测定	(84)	九、凝血时间的测定	(138)
九、心、肺阻抗血流图	(91)	十、血液凝固及其影响因素	(138)
十、血流量的测量	(92)	十一、ABO 血型的鉴定	(139)
十一、家兔膈神经放电及膈肌收缩运动的 同步记录	(94)	十二、心音听诊	(141)
十二、大鼠膈肌放电、肺通气量和心电图同 步记录与定量分析	(95)	十三、人体动脉血压的测定	(142)
十三、蛙缝匠肌被动张力的定量变化、肌梭 放电的同步记录	(96)	十四、人体体表心电图的记录	(143)
十四、小白鼠空肠平滑肌细胞内生物电活动 与肌张力变化的同步记录	(97)	十五、人体微创心功能测定	(145)
十五、Oddi's 括约肌电活动的记录	(98)	十六、人体血流动力学的测定(直接法) ..	(147)
十六、大鼠脑脊液的收集与分析	(100)	十七、蛙心起搏点的观察	(148)
十七、脑片神经元膜电流的记录	(101)	十八、不同因素对离体蛙心收缩活动的影 响(蛙心灌流)	(149)
十八、动物脑立体定位技术	(105)	十九、期前收缩与代偿间歇	(151)
十九、家兔延髓呼吸相关神经元单位放电 的记录	(107)	二十、肠系膜微循环的观察	(151)
二十、大白鼠中枢神经系统中神经元电活 动的记录	(109)	二十一、不同因素对家兔心血管活动的 影响	(153)
二十一、大鼠海马 CA1 区长时程增强(long- term potentiation, LTP)电位的记录	(110)	二十二、家兔呼吸运动的调节	(155)
二十二、大鼠海马 CA3 区长时程增强(long- term potentiation, LTP)电位的记录	(111)	二十三、胸内负压的测定和开放性气胸的 观察	(157)
		二十四、人体肺通气量的测定	(159)
		二十五、不同因素对家兔消化道运动的影响	(160)
		二十六、不同因素对离体小肠平滑肌收缩 活动的影响	(161)
		二十七、肠腔内容物渗透压对小肠水分吸 收的影响	(162)
		二十八、神经体液因素对胆汁分泌的影响	



.....	(163)	二十一、急性实验性肝损害时氨的毒性作用	(213)
二十九、影响尿液生成的因素	(165)	二十二、急性中毒性肾功能不全	(215)
三十、视敏度的测定	(166)	二十三、夹闭肾动脉引起的急性缺血性肾功能衰竭	(216)
三十一、视野的测定	(167)	二十四、肾性高血压实验	(218)
三十二、盲点的测定	(168)	二十五、不同机能状态对药物作用的影响	(219)
三十三、视觉调节和瞳孔对光反射	(169)	二十六、肝脏功能对药物作用的影响	(220)
三十四、人体眼震颤的观察	(170)	二十七、不同给药途径对药物作用的影响	(221)
三十五、声音传导的途径	(170)	二十八、pH对药物吸收的影响	(222)
三十六、破坏豚鼠一侧迷路的效应	(171)	二十九、药代动力学实验	(222)
三十七、家兔大脑皮层运动功能定位	(172)	三十、受体拮抗剂 pA_2 值的测定	(224)
三十八、刺激下丘脑背内侧核对心脏功能的影响	(173)	三十一、苯肾上腺素的 pD_2 和哌唑嗪的 pA_2 测定	(227)
三十九、人体脑电图的引导	(174)	三十二、药物半数致死量(LD_{50})的测定	(229)
四十、损伤小鼠一侧小脑对躯体运动的影响	(175)	三十三、传出神经系统药物对家兔眼瞳孔的作用	(231)
四十一、家兔、小白鼠去大脑僵直	(176)	三十四、传出神经系统药物对家兔离体肠管的作用	(232)
四十二、半横断小鼠脊髓实验	(178)	三十五、拟肾上腺素和抗肾上腺素类药物对麻醉大鼠血压的影响	(233)
四十三、脊髓反射与反射时的测定	(178)	三十六、急性肾血管性高血压及抗高血压药物的作用	(234)
四十四、反射弧的分析	(179)	三十七、有机磷酸酯类农药急性中毒的解救	(235)
四十五、人体腱反射	(180)	三十八、普鲁卡因对家兔的脊髓麻醉作用	(236)
四十六、血-脑屏障	(181)	三十九、局麻药的作用强度比较	(237)
四十七、激素的测定方法与甲状腺激素的测定	(182)	四十、局麻药对神经干动作电位的影响	(237)
第6章 机能学基础实验(下)	(186)	四十一、氯丙嗪对动物激怒反应的镇静安定作用	(238)
一、急性高钾血症及其解救	(186)	四十二、苯巴比妥钠与苯妥英钠的抗惊厥作用	(239)
二、实验性酸中毒(代谢性酸中毒)	(186)	四十三、药物对小鼠学习记忆功能的影响	(240)
三、单纯性酸碱平衡紊乱	(188)	四十四、药物的镇痛作用	(241)
四、血管内外液体交换失衡在水肿发生中的作用	(188)	四十五、中枢性抑制药中毒的呼吸抑制作用与对抗药的解救效应	(243)
五、家兔内毒素性发热	(190)	四十六、硝酸甘油的扩血管作用	(245)
六、肠缺血/再灌注损伤	(191)	四十七、普萘洛尔的抗缺氧作用(常压缺氧法)	(245)
七、大鼠内毒素性休克	(192)	四十八、可乐定的中枢性降压作用	(246)
八、实验性弥散性血管内凝血(DIC)	(193)	四十九、药物的抗心律失常的作用	(247)
九、实验性缺氧症	(194)		
十、影响低氧耐受性的因素	(197)		
十一、实验性肺水肿	(199)		
十二、呼吸功能不全	(201)		
十三、离体心脏灌流、氧反常和钙反常	(202)		
十四、钙反常对大鼠离体心肌的影响	(203)		
十五、乳酸酸中毒对蛙心功能的影响	(204)		
十六、实验性急性右心衰竭	(205)		
十七、肝性脑病及其解救	(206)		
十八、急性肝功能不全小鼠对氨的耐受性	(208)		
十九、四氯化碳实验性肝细胞性黄疸	(208)		
二十、阻塞性黄疸	(211)		

五十、强心苷对在豚鼠心脏收缩功能的影响	(248)	四、药物对心肌缺血的治疗作用	(272)
五十一、强心苷对在体蛙心收缩功能的影响	(249)	五、急性心力衰竭及其实验性治疗	(273)
五十二、药物对在体心肌缺血再灌注损伤的影响	(250)	六、家兔失血性休克及其实验性治疗	(275)
五十三、药物对离体心脏缺血再灌注损伤的影响	(252)	七、实验性 DIC 动物模型复制	(277)
五十四、家兔急性心功能不全的药物治 疗	(253)	八、药物对离体血管条平滑肌张力的 影响	(279)
五十五、豚鼠急性心功能不全的药物治 疗	(254)	九、不同因素对豚鼠离体气管平滑肌张 力的影响	(280)
五十六、药物对离体兔心收缩功能的影 响	(255)	十、窒息对大白鼠大脑皮层诱发电位的 影响	(281)
五十七、药物对麻醉大白鼠血流动力学的 影响	(256)	十一、局灶性脑缺血动物模型的制作及药 物的保护作用	(282)
五十八、药物对麻醉家兔血流动力学的 影响	(257)	十二、水肿的形成及利尿药的作用	(283)
五十九、利尿药实验	(259)	十三、实验性气胸与酸碱平衡紊乱	(285)
六十、药物对消化道运动功能的影响	(262)	十四、应激	(286)
六十一、利用豚鼠肠肌标本鉴别未知药品	(263)	十五、旁分泌调节在缺氧性肺血管收缩 (HPV) 反应中的作用	(288)
六十二、地塞米松的抗炎作用(鼠耳肿胀法)	(264)	十六、吲哚美辛对离体大鼠肺灌流 HPV 的 影响	(290)
六十三、糖皮质激素对红细胞膜的稳定作用	(264)	十七、前列腺素在缺氧性肺动脉高压发生 中的作用	(291)
六十四、胰岛素过量反应及其解救	(265)	十八、某些因素对循环、呼吸、泌尿功能影 响的综合观察	(293)
六十五、青霉素 G 钾盐和钠盐快速静脉注 射的毒性	(266)	十九、实验性糖尿病动物模型复制	(295)
六十六、子宫平滑肌兴奋药对离体子宫平 滑肌的作用	(266)	二十、药物对麻醉犬冠脉循环、脑血液循环、 肾血液循环血流动力学的影响	(298)
第 7 章 机能学综合性实验	(268)	第 8 章 创新性实验及论文撰写	(301)
一、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、肌肉张力和刺 激标记的同步记录以及不同因素对观 察指标的影响	(268)	第一节 医学生物学科学研究思维方法与创新	(301)
二、骨骼肌终板电位的记录及药物的影响	(269)	一、医学生物学研究的基本程序	(301)
三、不同因素对心输出量的影响	(271)	二、科研质量控制有关参数及其重要性	(302)
参考文献	(308)	第二节 实验设计	(303)
附录 常用实验动物血液学主要常数	(309)	一、实验设计的目的与安排	(303)
		二、实验设计	(303)
		三、实验设计的实践	(304)
		第三节 机能学实验研究论文的书写	(305)
		一、一般要求	(305)
		二、各项具体内容的写作	(305)

第 1 章 绪 论

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,属实验科学,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,特别是重复试验的机会不多,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,不仅加强了相邻学科基础理论的联系,而且能拓宽知识,开阔思路,加深对专业知识的理解,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。

为了达到机能学实验课的教学目的,要求学生做到:

一、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做出合理的解释。
- (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。

二、实 验 时

- (1) 实验器材的放置力求整齐、稳妥、有条

不紊。

(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、被动物咬伤及中毒等事故的发生。

(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。

三、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应如数归还。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,做出实验结论。

(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机制。对于实验观察指标的选择应注意以下几点:

(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;采用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;采用尿量为指标,观察某些因素对尿生成的影响等。

(2) 尽量采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。前面例举的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,但应能客观、具体、准确地描述,或用摄像或照相的方法进行记录,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 实验结果的观察、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正常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,也应及时做文字说明。

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制,得出正确的结论。

实验中得到的结果或数据,一般称为原始资

料。原始资料可分为计量资料和计数资料两大类。计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,得到如率、比、平均数、标准差、标准误、相关系数等,称为统计指标,用来对实验结果某些规律性进行适当评价。经统计学处理的结果数据,为了便于比较和分析,还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)。

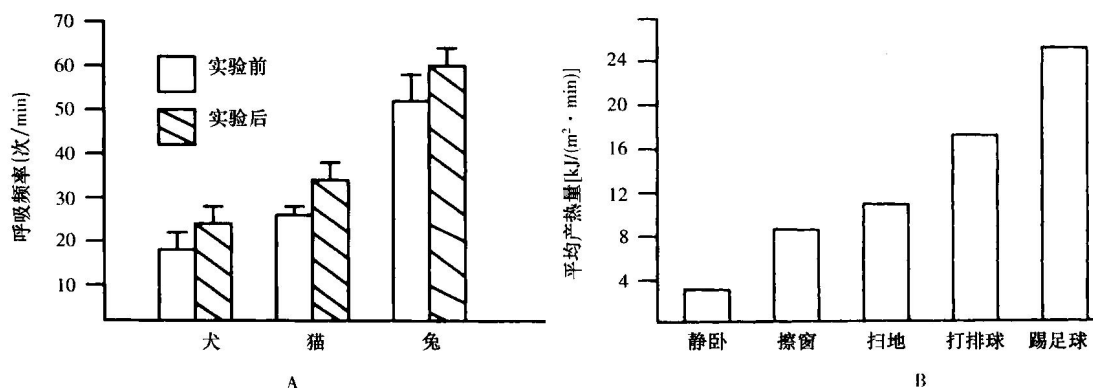


图 1-1 直方图

A. 实验前后犬、猫和兔的呼吸频率的变化; 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分析和处理,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(图 1-2)。

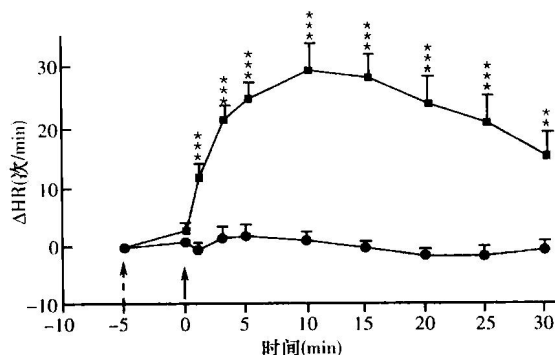


图 1-2 室旁核内微量注射荷包牡丹碱对心率的影响 ΔHR 。心率的变化(次/min, 均值士标准误); \uparrow : 注射 NS(0.5 μ l); \uparrow : 注射 NS(0.5 μ l) 或荷包牡丹碱(4 μ g/0.5 μ l); \bullet — \bullet : NS 对照组 ($n=10$); \blacksquare : 荷包牡丹碱组 ($n=10$); 与 NS 对照组比较: * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ 。

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”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

书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,做出实验结论,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。

书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,请教师审阅。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,做好安全检查。

(曹济民 樊继云)

第 2 章 机能学实验的基本

知识与基本技能

机能学实验是专门进行实验教学的综合课程,本课程主要以实验动物为研究对象,通过观察实验动物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,学习和验证其基本规律。因此,合理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实验并获得可靠实验结果的保证。

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。

一、实验动物的种类

随着科学技术及实验动物研究的进展,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

目前,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) 近交系动物一般称为之纯系动物。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任何其他品种的新血缘,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、特殊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(MOA),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,普遍地饲养在开放卫生环境里的动物。普通动物只能供教学和一般性实验,不适用于研究实验。

(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白鼠多为昆明种。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性等特征,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形质。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,系组合力强的;具有研究实验所要求的特性的;两个品系间,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而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、遗传上不均持、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,但也往往会出现特殊反应的情况,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,因此不同实验动物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、发病机制、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什曼原虫而发病,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的不同而选用相应的实验动物,所选用的实验动物对实验因素敏感,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_{50} 和 ED_{50} ,常选用小白鼠。

(二) 机能实验常用实验动物

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。蛙还常用于做脊休克、脊髓反射和反射弧分析等实验。

2. 小白鼠 小白鼠成熟早,繁殖力强,体形小,易于饲养管理,性情温顺,对外来刺激极为敏感,易于大量繁殖且价廉,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。此外,破坏小脑、去大脑僵直等实验也常选用小白鼠。

3. 大白鼠 特点与小鼠相似,但体型较大。一些在小白鼠身上不便进行的实验可改用大白鼠。如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。

4. 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和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、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系统的作用、体温实验、热原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。

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。

如某实验单位需随机分成两组,设有小鼠 14 号,试用随机数字表将其分成两组。先将小鼠依次编号为 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 对小白鼠、大白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(黄)、2% 硝酸银(咖啡色)溶液和 0.5% 中性品红(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识为 1 号,左侧腹部为 2 号,左后腿为 3 号,头顶部为 4 号,腰背部为 5 号,尾基部为 6 号,右前腿为 7 号,右侧腰部为 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