

21世纪高等医药院校实验教材

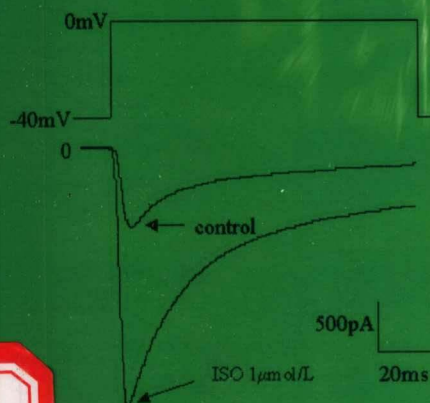
医用机能学

胡还忠 主编

YIYONG JINENGXUESHIYAN JIAOCAI

实验教材

供临床医学、卫生、法医、护理、口腔、药学各类专业用



湖北科学技术出版社

HUBEI SCIENCE & TECHNOLOGY PRESS

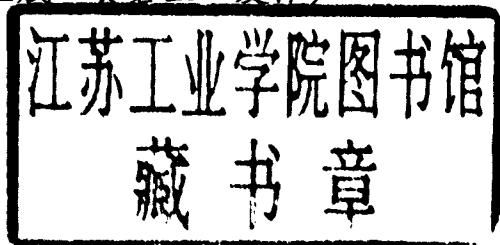
21 世纪高等医药院校实验教材
供临床医学、卫生、法医、护理、口腔、药学各类专业用

医用机能学实验教材

主 编:胡还忠

副主编:郭莲军 司军强 张玉芹 邓华瑜

陈 虹 余上斌 黄碧兰 夏保芦



湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

医用机能学实验教材/胡还忠主编. —武汉:湖北科学技术出版社,2004.3

21世纪高等医药院校实验教材

ISBN 7-5352-3129-2

I. 医… II. 胡… III. 人体-机能(生物)-生理实验-医学院校-教材
IV. R33-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 002966 号

医用机能学实验教材

© 胡还忠主编

责任编辑:冯友仁

封面设计:喻 杨

出版发行:湖北科学技术出版社

电话:87679468

地 址:武汉市雄楚大街 268 号湖北出版文化城 B 座 12-14 层

邮编:430070

印 刷:武汉凯威印务有限公司

邮编:430100

督 印:刘春尧

787 毫米 × 1092 毫米 16 开 20 印张

430 千字

2004 年 3 月第 1 版

2005 年 8 月第 3 次印刷

ISBN 7-5352-3129-2/R·725

定价:28.00 元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

《医用机能学实验教材》编写人员

主 编 胡还忠

副 主 编 郭莲军 司军强 张玉芹 邓华瑜 陈 虹 余上斌
黄碧兰 夏保芦

特邀编委 刘少金

全体编委 (以姓氏笔画为序)

艾永循	江汉大学医学与生命科学学院
司军强	石河子大学医学院
叶 庆	江汉大学医学与生命科学学院
邓华瑜	重庆医科大学
朱敏恒	石河子大学药学院
刘少金	武汉大学医学院
孙远昌	武汉科技大学医学院
余上斌	华中科技大学同济医学院
李从德	三峡大学医学院
张玉芹	武汉科技大学医学院
何 芳	石河子大学医学院
闵 清	咸宁医学院
张春军	石河子大学医学院
余承高	华中科技大学同济医学院
杜以梅	华中科技大学同济医学院
连建学	河南科技大学医学院
陈国元	华中科技大学同济医学院
陈 虹	石河子大学药学院
赵小玉	咸宁医学院
胡还忠	华中科技大学同济医学院
呼海燕	石河子大学医学院
赵 磊	石河子大学医学院
耿志国	三峡大学医学院
夏保芦	江汉大学医学与生命科学学院
聂 辉	武汉科技大学医学院
黄碧兰	咸宁医学院
郭莲军	华中科技大学同济医学院

前 言

二十一世纪我国的医学教育改革的目标在于“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。为此,各医药院校对教学体系、教学内容和教学手段进行了一系列的改革,不少院校将生理学、病理生理学和药理学的实验教学内容有机结合,对实验教学的具体内容进行了精选、融合,形成了一门独立面对学生教学的机能学实验课程。教学方法的改革,使机能学实验教学不仅避免了内容的重复,而且有了系统性,减少了单纯的验证性实验内容,注重通过机能学实验的学习和操作技能的训练,加强了对学生严格的科学态度,严谨的思维方法和独立观察、分析及解决问题能力的培养。

社会的进步,科学的发展,不仅促进了医药学的进步和发展,而且对医药学教育提出了更高的要求。大多数机能学实验教学依赖于生物电子学仪器乃至电子计算机。因此,圆满地完成机能学实验教学任务,不仅要求学生有较好的相关学科的理论基础,还要求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。这些知识既有利于对电生理学理论知识的理解,又有利于对现代机能学实验方法的掌握,还可使学生融入一些工科的思维方法,开阔学生的视野,提高他们的想像力、辨别力和逻辑思维能力。因此,搞好机能学实验教学的改革,也有利于对学生综合素质的培养。

教学改革效果的好坏取决于多方面的因素,除教师、教学对象和其他条件外,教材显得格外重要。经过多年的实践,综合参编学校的教学经验,组织八所院校的生理学、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《医用机能学实验教材》,旨在以具有特点的教材,辅以教学方法的改革,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助一臂之力。

《医用机能学实验教材》主要分为四部分,包括机能学实验的基础知识、基础实验、综合训练性实验和实验结果的处理等内容。

《医用机能学实验教材》结合机能学实验室建设和仪器设备配备的情况,除满足各校的基本教学外,根据机能学特别是电生理学实验的特点,系统地介绍了生物电子学的基础知识,生物电放大器和微电极的工作原理,全细胞电压钳技术的电子学原理;介绍了难度较大的部分机能学实验;安排了涉及内容较广而具有可操作性的综合训练性实验,还特别编入了有关机能学实验设计及实验资料的统计学处理等内容。力求使撰写的《医用机能学实验教材》系统、科学和实用。经过几年的投资及建设,学校不分大小,机能学的实验教学设备基本以不同类型的生物信号记录处理系统为主。因此,只要技术条件成熟,各校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。

本《教材》用于医药院校五年制临床医学、卫生、法医、护理、儿科、药学等专业的本科生机能学实验教学,也可作为医药院校七年制和大专生的机能学实验教材或参考书籍。

《医用机能学实验教材》的撰写得到了同济医学院各级领导的关怀和指导,参编单位领导的支持,特别是三位院长的亲自参与,给了全体编委极大的鼓舞;全体参编人员不顾时间短,任务重,全力以赴,求真务实,一丝不苟;湖北科学技术出版社有关领导,特别是冯友仁编辑的悉心帮助,使《医用机能学实验教材》如期出版,在此一并致谢。

因编者水平的限制,同时时间仓促,书中不足乃至错误难免,恭请使用本《教材》的广大师生提出宝贵意见,以便再版时订正。

编者

2004年2月于武汉同济

第一章 绪 言

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	(1)
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)
第五节 实验室守则	(4)

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	(6)
一、实验动物的种类	(6)
二、实验动物的遗传学品系	(6)
三、实验动物的选择	(7)
四、实验动物的编号	(8)
第二节 实验动物给药量的计算	(8)
一、按千克体重换算	(8)
二、按体表面积换算	(8)
第三节 常用实验动物一般生理常数	(9)
第四节 机能学实验常用生理溶液的配制	(11)
一、常用生理溶液成分与含量	(12)
二、药物浓度与剂量的计算	(12)
三、配制生理溶液的常用试剂及配制方法	(13)
第五节 常用手术器械	(15)
一、蛙类用手术器械	(15)
二、哺乳动物类用手术器械	(16)

第三章 观察指标的记录原理

第一节 生物电活动的记录及电子学基础	(17)
一、概述	(17)
二、生物电电压放大器的性能及工作原理	(18)
三、微电极电压记录的电生理学方法	(30)
四、单电极全细胞电压钳制技术的电子学基础	(33)
五、电极	(39)
六、干扰	(44)
七、安全用电	(46)
第二节 张力的记录原理	(46)
一、惠斯登电桥工作原理	(46)
二、张力换能器及其工作原理	(47)
第三节 心、肺阻抗血流图	(47)
一、心阻抗血流图法	(47)
二、肺阻抗血流图法	(48)
第四节 微循环的图像观察与处理	(48)
一、基本结构	(48)
二、微循环图像处理的基本过程	(48)
三、结果输出	(48)
四、肠系膜微循环图像观察测定指标	(49)
五、部分观察指标测定原理	(49)
第五节 血气的分析原理及方法	(49)
第六节 液体电解质测定原理及方法	(50)
第七节 血氨的测定原理及方法	(51)
一、酶法测定	(52)
二、直接显色法	(53)
三、微量扩散法(纳氏试剂法)	(54)
四、离子交换树脂-玻氏反应显色法	(56)
五、血氨气敏电极快速测定法	(57)
第八节 心肌酶的测定原理及生化分析方法	(57)
一、肌酸激酶	(58)
二、乳酸脱氢酶	(62)
三、天门冬氨酸氨基转移酶	(64)

第四章 计算机与机能学实验

第一节 计算机技术在机能学实验教学中的运用	(67)
一、计算机技术与生物信号记录分析系统	(67)

二、机能学的计算机模拟实验·····	(69)
三、机能学实验网络教学·····	(69)
四、计算机技术在机能学实验教学中的应用前景·····	(69)
五、生物信号记录分析系统的基本要求·····	(69)
第二节 计算机生物信号记录分析系统·····	(72)
一、MS2000 生物信号记录分析系统·····	(72)
二、BL-410 生物机能实验系统·····	(89)
三、BL-420E 生物信号处理系统简介·····	(95)
四、D-95 微机化医学功能实验教学系统·····	(95)
第三节 BI-2000 图像分析系统的功能简介·····	(99)
一、基本结构与功能·····	(99)
二、基本操作步骤·····	(99)

第五章 实验的基本操作技术

第一节 实验动物的给药途径与技术·····	(102)
一、经口给药·····	(102)
二、注射给药·····	(102)
第二节 几种常用实验动物的麻醉方法·····	(103)
一、吸入麻醉·····	(104)
二、注射麻醉·····	(104)
三、局部麻醉·····	(105)
第三节 哺乳动物实验的操作技术·····	(105)
一、动物固定、剪毛·····	(105)
二、切开与止血·····	(106)
三、神经、血管分离技术·····	(106)
四、插管技术·····	(107)
五、取血技术·····	(111)
六、意外的预防和处理·····	(112)
七、处死方法·····	(113)
第四节 离体标本的制备·····	(113)
一、蟾坐骨神经-腓肠肌标本制作·····	(113)
二、带神经的蛙缝匠肌标本制作·····	(114)
三、蛙腹直肌标本制备·····	(114)
四、离体蛙心灌流标本制备(斯氏蛙心插管法)·····	(114)
五、哺乳类动物组织标本的制备·····	(115)

第六章 机能学基础实验第一部分

一、蛙坐骨神经双相、单相动作电位与强度法则	(119)
二、蛙坐骨神经兴奋传导速度和不应期测定	(119)
三、负荷与骨骼肌收缩的关系	(120)
四、电刺激与骨骼肌收缩反应的关系	(122)
五、血红蛋白量的测定	(125)
六、红细胞沉降率的测定	(126)
七、红细胞渗透脆性实验	(126)
八、出血时间测定	(127)
九、凝血时间测定	(128)
十、血液凝固及其影响因素	(128)
十一、ABO 血型的鉴定	(130)
十二、人体的心音听诊	(131)
十三、人体动脉血压的测量	(132)
十四、人体体表心电图的记录	(133)
十五、蛙心起搏点的观察	(136)
十六、蛙心灌流	(138)
十七、期前收缩和代偿间歇	(139)
十八、蛙肠系膜微循环的观察	(140)
十九、家兔心电图及减压神经放电的同步记录	(140)
二十、心血管活动的神经体液调节	(142)
二十一、呼吸运动的调节	(144)
二十二、胸内负压的测定和气胸的观察	(145)
二十三、肺通气量的测定	(146)
二十四、家兔心电图与膈神经放电的记录	(147)
二十五、消化道运动的观察	(148)
二十六、不同因素对胆汁分泌的影响	(149)
二十七、大鼠胃肠运动的定点记录和观察	(150)
二十八、消化道平滑肌的生理特性和药物的影响	(152)
二十九、小肠吸收水分和渗透压的关系	(153)
三十、影响尿生成的因素	(154)
三十一、视敏度的测定	(155)
三十二、视野的测定	(156)
三十三、盲点的测定	(157)
三十四、视觉调节和瞳孔对光反射	(158)
三十五、声音传导的途径	(159)
三十六、破坏豚鼠一侧迷路的效应	(160)
三十七、家兔大脑皮层运动区机能定位	(161)

三十八、人体脑电图的引导	(161)
三十九、损伤小白鼠一侧小脑对躯体运动的影响	(162)
四十、去大脑僵直	(163)
四十一、反射弧的分析	(164)

第七章 机能学基础实验第二部分

一、实验性缺氧	(166)
二、家兔内毒素性发热	(168)
三、实验性 DIC	(169)
四、家兔内毒素性休克	(171)
五、实验性急性右心衰	(173)
六、中毒性肾功能衰竭	(175)
七、油酸引起的急性缺血性肾功能衰竭	(178)
八、夹闭肾动脉引起的急性缺血性肾功能衰竭	(179)
九、大白鼠实验性肺水肿	(181)
十、家兔实验性肺水肿	(182)
十一、呼吸功能不全	(183)
十二、急性高钾血症及其解救	(185)
十三、肝性脑病及其解救	(186)
十四、不同机能状态对药物作用的影响	(188)
十五、不同给药途径对药物作用的影响	(189)
十六、不同剂量对药物作用的影响	(189)
十七、受体拮抗剂 PA_2 值的测定	(191)
十八、药物半数有效量(ED_{50})和半数致死量(LD_{50})的测定	(193)
十九、磺胺类药物的血药浓度测定及药动学参数的计算方法	(194)
二十、传出神经系统药物对兔眼瞳孔的作用	(196)
二十一、传出神经系统药物对离体肠管的作用	(197)
二十二、拟肾上腺素和抗肾上腺素类药物对麻醉大鼠血压的影响	(198)
二十三、传出神经系统药物对蟾蜍腹直肌的作用	(199)
二十四、有机磷农药的中毒与解救	(200)
二十五、普鲁卡因对兔的脊髓麻醉作用	(201)
二十六、局麻药的作用强度比较	(201)
二十七、氯丙嗪对电刺激小鼠诱发激怒反应的影响	(202)
二十八、苯巴比妥钠的抗惊厥作用	(203)
二十九、药物的镇痛作用	(203)
三十、尼可刹米对抗吗啡的呼吸抑制作用	(205)
三十一、硝酸甘油的扩血管作用	(206)
三十二、普萘洛尔的抗缺氧作用	(206)

三十三、可乐定的中枢性降压作用	(207)
三十四、利多卡因的抗心律失常作用	(208)
三十五、强心甙对在位豚鼠心脏的作用	(208)
三十六、药物对离体兔心的作用	(209)
三十七、呋塞米对实验动物的利尿作用	(210)
三十八、硫酸钠和液体石蜡对家兔导泄原理分析	(213)
三十九、药物对小鼠小肠推进运动的影响	(214)
四十、地塞米松的抗炎作用	(214)
四十一、糖皮质激素稳定红细胞膜的作用	(215)
四十二、胰岛素过量反应及其解救	(216)
四十三、青霉素 G 钾和青霉素 G 钠快速静脉注射结果比较	(216)
四十四、链霉素的毒性反应及氯化钙的对抗作用	(217)
四十五、缩宫素对小白鼠离体子宫的作用	(217)

第八章 机能学综合性实验

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	(219)
二、蛙缝匠肌被动张力的定量变化肌梭放电和肌梭放电积分的同步记录	(221)
三、几种生理和病理因素对心输出量的影响	(222)
四、蛙在体心室肌细胞内动作电位、心室肌细胞内动作电位微分值和 ECG 的同步记录	(224)
五、心室肌全细胞 Ca^{2+} 电流的记录	(225)
六、家兔心电图、膈神经放电及呼吸运动的同步记录	(228)
七、家兔心脏与 - 缺血再灌注损伤及药物保护作用的研究	(230)
八、急性心肌梗死及药物的治疗作用的研究	(231)
九、急性心力衰竭及其实验治疗	(233)
十、家兔失血性休克及其实验性治疗	(235)
十一、药物对离体血管平滑肌的作用	(236)
十二、不同因素对豚鼠离体气管平滑肌张力的影响	(237)
十三、非洲爪蟾卵母细胞外源性受体的表达	(238)
十四、窒息对大白鼠大脑皮层诱发电位的影响	(240)
十五、大白鼠中枢神经系统中神经元电活动的记录	(242)
十六、大鼠离体脊神经节细胞静息膜电位和动作电位的记录	(243)
十七、大鼠脊根神经节神经元膜电流的记录	(244)
十八、肾性高血压及抗高血压药物作用的研究	(246)
十九、水肿的形成与利尿药的作用	(247)
二十、实验性气胸与酸碱平衡紊乱	(248)
二十一、应激	(250)

二十二、消炎痛对离体大鼠肺灌流 HPV 的影响	(253)
-------------------------------	-------

第九章 病例讨论

第一节 病例	(255)
第二节 临床检验参考值	(265)

第十章 实验设计

第一节 实验设计的目的和基本原则	(267)
一、实验设计的目的	(267)
二、实验设计的基本原则	(268)
第二节 实验设计的程序和要求	(272)
一、实验设计的基本程序	(272)
二、完善的机能实验设计的基本要求	(273)

第十一章 医学机能学实验结果的统计学处理

第一节 医学机能学实验结果统计学处理的意义	(272)
一、目的和意义	(272)
二、科学数据获取的原则	(272)
三、科学数据的统计学处理分析	(272)
第二节 统计学中的几个基本概念	(273)
一、总体与样本	(273)
二、误差	(273)
三、概率与显著性检验	(273)
四、标准差	(274)
五、正态分布	(276)
第三节 医学机能学常用的统计学方法	(280)
一、量反应资料统计学方法	(280)
二、质反应资料统计学方法	(285)
三、直线相关与回归	(289)
第四节 统计表与统计图的制作	(293)
一、统计表的制作	(293)
二、统计图的制作	(295)
附表	(298)
附表 1 t 界值表	(298)

附表 2	标准正态分布曲线下的面积, $\phi(Z)$ 值	(299)
附表 3	F 界值表(方差分析用)	(300)
附表 4	q 值表	(301)
附表 5	χ^2 界值表	(302)
附表 6	相关系数界值表	(303)
参考文献		(306)

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之一,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用机能学实验教材,用于独立开设的医学机能学实验课。

机能学实验课的目的,在于通过实验培养学生科学的思维方法,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。在实验过程中使学生初步掌握机能学实验的基本操作技术,学会不同类型的机能学实验仪器的正确使用,了解和获得机能学知识的科学实验方法,以及验证和巩固机能学的部分基本理论。在实验工作中,培养学生对科学工作的严肃的态度,严格的要求,严密的方法,实事求是的作风和团结协作精神。

为了实现机能学实验课的目的,要求学生做到:

一、实 验 前

1. 仔细阅读实验教材,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,并制订防止误差的措施。

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。

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向指导教师报告。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。

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;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、精确地反映被观察对象的机能活动变化及变化程度,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,或用摄像或照像的方法进行记录,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。

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、放大器增益及其他参数和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,分析不同因素对观察指标的影响及影响机理,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。有关统计方法见第十一章。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,应事先绘制完善的表格。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(图1-1A)。

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)。

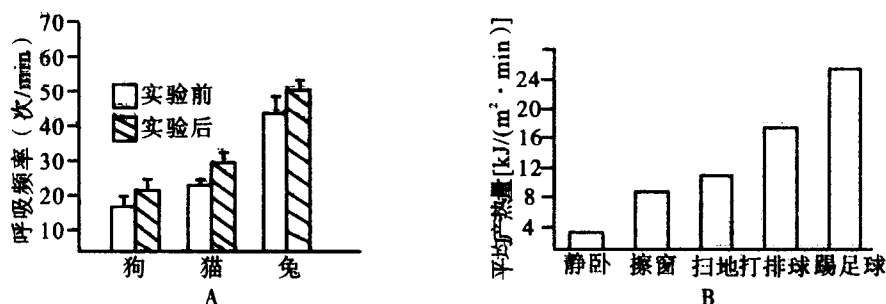


图1-1 直方图

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。

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)。

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

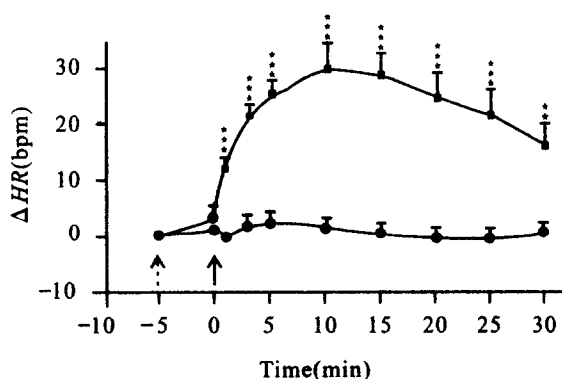


图1-2 室旁核内微量注射荷包牡丹碱对心率的影响
 ΔHR : 心率的变化(次/分, 均值 $\pm$ 标准误); $\uparrow$: 注射 NS(0.5 μ L);
 $\uparrow$: 注射 NS(0.5 μ L) 或荷包牡丹碱(4 μ g/0.5 μ L); $\bullet$ — $\bullet$: NS 对照组 ($n=10$); $\blacksquare$ — $\blacksquare$: 荷包牡丹碱组 ($n=10$); 与 NS 对照组比较:
 $* P < 0.05$, $** P < 0.01$, $*** P < 0.001$