

JINENGSHIYANXUE

机能实验学

张义军 主编



山东大学出版社

机能实验学

张义军 主编

山东大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机能实验学/张义军主编. — 济南: 山东大学出版社,
2003. 8
ISBN 7-5607-2597-X

- I. 机…
- II. 张…
- 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 (2003) 第 066769 号

山东大学出版社出版发行
(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)
山东省新华书店经销
淄博桓台永信印务有限公司印刷
787×1092 毫米 1/16 15.25 印张 246 千字
2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷
印数: 1—8500 册
定价: 21.00 元

版权所有, 盗印必究

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部负责调换

机能实验学

(供临床医学专业、麻醉学专业、口腔医学
专业及研究生用)

主 审 秦玉明
主 编 张义军
副主编 程秀臻 康 白 刘同美 李田勋 井西学
制 图 王尊哲 吴洪娟
编 委 (以姓氏笔画为序)
王一鹏 王凡宗 王凤斌 王玉良 王汝芬
王建英 王忠伟 王益光 王慧萍 井西学
刘发明 刘同美 刘跃春 刘儒林 吕 磊
许兰芝 冷 萍 李 宁 李田勋 李志坚
李淑伟 李 颖 宋益民 张义军 杨新颖
邱召运 陆洪英 陈维宁 金成文 赵仁宏
唐可欣 郭绍美 郭顺生 高 尔 康 白
程秀臻 戴 功

前 言

实验教学是培养和造就学生创新能力重要内容之一，其合理的教学内容设置对于完善学生知识结构，改善教学方法都是至关重要的。为此，在机能实验教学中，我们根据创新教育的要求，结合机能学相关学科的内容特点，组织编写了融生理学、药理学和病理生理学为主要实验内容的《机能实验学》教材。

在编写本教材过程中，注意吸取国内兄弟院校实验教学改革经验，从教学效果和可操作性出发，力求打破传统的以验证性实验为主导的单科内容设置体系，改变实验内容对理论教学的过度依赖、补充和附属地位，在融合生理学、药理学、病理生理学等实验内容基础上，确立了以综合性（如实验设计的原理及数据处理、动物模型建设等）创新型实验为主导，多学科内容交叉融合的新型实验内容体系，从而加强对学生基本理论、基本实验方法和基本实验技能的培养，更重要的是，通过增设综合性和探索性实验，有利于培养学生分析问题和解决问题的能力，有利于学生综合能力和素质的提高。

该教材在编写过程中，得到了领导和有关专家的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。因编者水平所限，书中可能存有不足之处，恳请读者予以批评指正，我们力求在使用中不断改进和完善。

编 者

2003年5月

目 录

前言	(1)
第一章 总 论	(1)
第一节 机能实验学概述	(1)
一、机能实验学的性质和任务	(1)
二、机能实验学的内容与实验方法	(2)
三、机能实验学的研究与发展	(4)
第二节 机能实验学的目的要求	(4)
一、机能实验学的目的	(4)
二、机能实验学的要求	(5)
三、实验报告的书写	(6)
四、实验室守则	(7)
第三节 机能实验设计的原理与数据处理	(7)
一、实验设计大纲	(7)
二、实验设计的基本程序	(8)
三、实验设计的基本原则	(11)
第二章 基础知识	(13)
第一节 动物生理实验技术	(13)
一、实验动物	(13)
二、动物实验的基本技术方法	(17)
三、常用手术器械及用途	(26)
四、基本操作方法	(27)
第二节 常用生理溶液的配制	(33)
一、化学试剂的规格和溶液的溶解度	(33)
二、药物的浓度、剂量与换算	(34)

第三节 常用实验仪器的原理与使用	(39)
一、心电图机的性能测定	(39)
二、分光光度计的原理与使用	(47)
三、医用换能器的研究与应用	(57)
四、电子示波器的原理和使用	(59)
五、心电图机系列元件(晶体三极管)特性分析	(66)
六、简易助听器的安装与调试	(70)
七、BL-410 生物机能实验系统介绍	(72)
八、Powerlab 生物电信号处理系统介绍	(79)
第三章 实验项目	(84)
实验一 蛙或蟾蜍坐骨神经腓肠肌标本制备	(84)
实验二 刺激强度和频率与骨骼肌收缩的关系	(86)
实验三 神经干动作电位引导及其传导速度和不应期的测定	(88)
实验四 豚鼠心室肌细胞跨膜电位及影响因素	(93)
实验五 期前收缩与代偿间歇	(95)
实验六 影响离体蟾蜍心脏活动的因素	(97)
实验七 减压神经放电、膈神经放电	(101)
实验八 心血管活动的神经体液调节	(106)
实验九 肠系膜微循环的观察	(110)
实验十 药物对家兔肠系膜微循环的影响	(113)
实验十一 人体动脉血压的测定	(115)
实验十二 人体心电图的描记	(117)
实验十三 反射时的测定	(119)
实验十四 反射弧的分析	(120)
实验十五 消化道平滑肌的生理特性	(122)
实验十六 胃肠运动的观察	(125)
实验十七 胆汁分泌与排出的调节	(128)
实验十八 影响尿生成的因素	(131)
实验十九 兔大脑皮层运动区机能定位	(135)
实验二十 呼吸运动的调节	(137)
实验二十一 脊髓反射	(139)
实验二十二 去大脑僵直	(142)
实验二十三 人体肺通气功能的测定	(144)
实验二十四 豚鼠耳蜗微音器电位和微音器效应	(145)

实验二十五	家兔延髓呼吸神经元的单位放电	(148)
实验二十六	半数致死量测定	(150)
实验二十七	受体动力学分析实验	(154)
实验二十八	磺胺嘧啶血浆半衰期 ($t_{1/2}$) 的测定	(157)
实验二十九	药物的量效关系实验	(160)
实验三十	镇痛药实验	(164)
实验三十一	巴比妥类药物的抗惊厥作用	(165)
实验三十二	利多卡因对抗电刺激诱发的心律失常作用	(167)
实验三十三	药物对离体兔主动脉环的作用	(168)
实验三十四	硝酸甘油对大鼠急性心肌缺血的对抗作用	(170)
实验三十五	药物对大鼠心脏功能的影响 (Langendorff 法)	(171)
实验三十六	维拉帕米对大鼠离体心脏缺氧再灌注损伤的保护作用	(173)
实验三十七	血液系统药物实验	(176)
实验三十八	链霉素的毒性反应及药物的解救作用	(181)
实验三十九	药物对豚鼠 (或大鼠) 离体子宫的作用	(183)
实验四十	药物的抗炎实验	(184)
实验四十一	逆转录多聚酶链反应 (RT-PCR)	(186)
实验四十二	血管平滑肌细胞培养	(189)
实验四十三	膜片钳全细胞离子通道记录	(191)
实验四十四	钾代谢障碍	(197)
实验四十五	缺氧及药物的预防作用	(199)
实验四十六	休克的模型制备及其解救	(202)
实验四十七	急性肾功衰竭	(204)
实验四十八	肝性脑病	(210)
实验四十九	实验性 DIC	(212)
实验五十	呼吸功能不全	(216)
第四章	病例分析与用药讨论	(219)
第一节	病例分析	(219)
第二节	用药讨论	(223)
第五章	科研性综合实验	(226)
参考文献		(233)

第一章 总论

第一节 机能实验学概述

一、机能实验学的性质和任务

机能实验学是在实验条件下研究人体、动物机能活动及其规律的一门学科，即研究受试对象在正常、病理情况下及用药后的功能变化及规律。属于实验性学科。是现代医学研究发展的重要条件和手段之一，是医学生必修的一门基础课。

机能实验学的基本任务是从不同角度，用不同的实验方法去研究正常和异常机体生命活动规律，阐明疾病的发生发展过程，研究疾病过程中机体功能及代谢变化特征，从而为认识和掌握疾病的发生发展规律，为防治疾病提供必要的理论基础和实验研究依据。

实验（experiment）是指在特定的人为条件下观察客观事物的一种方法。它主要借助于特殊的仪器设备对受试对象进行科学合理的干预，人为的模拟实验研究对象，以便科学、真实的搜集有关资料和数据，从而获得经验事实的一种方法。实验学是一门科学，它不但是各科有关学科理论教学的辅助，而且是一门独立性、实践性很强的科学。它有自己学术领域范围的技术特点，同时又与各学科之间密切相关。就培养学生素质而言，它应是一门重要的、具有独特意义教学内容的学科。

现代科学发展的显著特点是学科交叉、知识融合。近代医学科学研究

已由过去的单一学科发展成为多边缘学科密切联系的综合学科。就实验领域而论，跨学科、跨门类的综合实验已呈发展趋势，许多科学研究在传统的电生理学方法基础上，使用了一些新技术，如电压钳技术可用来研究药物、内源性生物活性物质对离子通道的影响。同时也采用生物化学法（高效液相层析、放射受体分析法、重组 DNA 技术）、免疫学方法（放射免疫法）、形态学方法（荧光组织化学法、放射自显影）等技术。说明现代医学研究需要集多种实验手段和相关知识，才能有所突破，有所进展。因此，必须打破机能学实验以消化学科理论为主题的单科实验教学体系，建立以生物—心理—社会医学模式为指导，以培养创新型人才为目标，从机体的整体观出发，按照人体正常和异常机能状态及变化过程，通过对多学科实验教学内容进行筛选、衔接、优化、调整与补充，形成以学生基本技能训练为基础，设计性实验为主导，内容相对独立的《机能实验学》教材和新型实验教学体系，从而使学生有效地学习掌握适应现代医学发展所要求的技术和方法，为今后从事科研活动奠定基础。

二、机能实验学的内容与实验方法

机能实验学的主要内容包括：机能实验学设计原理与方法；常用实验动物的选择及基本操作技术；常用实验溶液的配制与计算方法；常用机能实验学实验仪器的原理与使用；生物电、神经系统、循环系统、呼吸系统、泌尿系统、药物毒理、药代动力学、实验模型的复制方法、实验设计、病例讨论与用药分析等实验内容。

机能实验学的实验方法注重以实践与理论相结合方式进行。教学方法以开展动物实验为主，阐明生命活动的基本规律及疾病和药物对其影响。实验方法主要包括急性动物实验、慢性动物实验和病理模型复制三大方面。

（一）急性动物实验

急性动物实验的特点是，不需严格的无菌操作程序，操作简单方便，实验可在短时间内完成，便于课堂教学，是实验教学中常用的方法之一。

1. 离体组织或器官实验

迅速将动物的器官或组织从机体中分离出，置于人工生理环境中，使其保持原有的生理功能，以便进行实验。例如：为观察药物对子宫平滑肌

的影响，可取一侧大鼠子宫平滑肌作为实验对象；制备离体蟾蜍坐骨神经腓肠肌标本，用于观察神经干动作电位引导及其传导速度和不应期测定；为观察心脏的生理特性以及药物对其影响，可取动物（蟾蜍）的离体心脏为材料。该方法所观察到的实验结果一般不受其他因素的影响，往往是药物直接作用于该器官或组织的结果。

2. 在体组织或器官实验

在破坏脊髓或麻醉情况下，直接暴露动物的某一器官或组织进行实验。例如：观察药物对子宫平滑肌的影响，可利用在体家兔子宫；用在体蛙心脏观察利多卡因抗心律失常作用；分离迷走神经、膈神经、观察迷走神经和膈神经放电等。在体实验与离体实验所不同的是，该方法所观察到的实验结果易受机体、神经及体液等因素的影响。因此，对所得实验结果应综合分析。

（二）慢性动物实验

慢性动物实验的特点是，实验过程进行时间较长，往往需要数天、数月、甚至数年观察实验结果。因此，应选择正常或模型动物，采取严格的操作程序（包括无菌操作等），才能满足实验要求。

慢性动物实验相对保证了实验动物的自然状态，有利于系统地、长期地进行科研实验观察。例如：动物长期毒理实验研究、抗动脉粥样硬化实验研究、病理模型的复制等。

（三）动物病理模型复制

复制人类疾病的动物模型，主要用于实验病理学与实验治疗学。实验病理学着重用特定的方法复制出疾病模型。整个复制过程就是研究的内容，其目的是探讨疾病的发生、发展与转归的规律。

1. 根据复制病理模型时间的不同分为：急性病理模型和慢性病理模型两种。

2. 根据复制病理模型性质分类分为：原发性或自发性病理模型（spontaneous animal models）如：自发性高血压大鼠、自发性糖尿病大鼠等和诱发性或实验性病理模型（experimental animal models）如：利用放射线诱导动物产生肿瘤；也可通过结扎动物冠状动脉分枝的方法，复制心肌梗死模型，用于心源性休克的发生、发展、心律失常及心肌梗塞治疗等实验研究。

三、机能实验学的研究与发展

实验研究的发展经历了一个漫长的过程。早在 15 世纪，欧洲兴起了前所未有的科学革命，使人类进入科学实验的时代。以培根为代表提出用科学技术实现“理想国”的设想，主张学者要深入实际，晚年又提出“知识就是力量”的口号，其思想具有深远的历史意义和现实意义。生理学真正成为一门实验性科学是从 17 世纪开始的。1628 年 Harvey 所著的《心与血的运动》是历史上第一次有明确实验数据的生理学著作。他的结论是在几种动物身上应用活体解剖通过多次实验获得。到 19 世纪，随着自然科学的发展生理学实验也大量开展，积累了大量各器官生理功能的知识。如：关于感觉器官、血液循环、神经系统、肾脏功能等的研究。生理学和化学的发展为药理学的发展奠定了科学基础。1804 年德国 F. W. Sertuner 在狗身上首先证明了阿片的镇痛作用；1819 年法国科学家 F. Magendie 用青蛙实验确立了土的宁的作用部位是在中枢神经系统的脊髓部位；1940 年英国科学家 A. Fleming 在实验研究的基础上，从青霉菌溶液中提取了青霉素。事实证明，许多科学知识都是从实验中发现、提炼和总结出来的。因此，实验已经是被人们广泛应用的一门科学。

近几十年来，医学实验技术与研究方法迅猛发展，机能实验学的研究方法不仅仅停留在整体器官、细胞、亚细胞水平上，随着生物学技术、细胞培养技术、放射免疫分析技术、膜片钳技术和重组 DNA 技术等的发展，必将大大促进机能实验学的进一步发展。

第二节 机能实验学的目的要求

一、机能实验学的目的

人体机能学是研究人体机能活动规律的科学。它包括生理学研究的人体正常活动规律、病理生理学研究疾病情况下的机体活动规律及药理学研究的在药物作用下对人体机能活动的影响等。采用机能实验学的技术和技能，一方面验证已知理论、更重要的是探索未知规律，认识人体正常生理功能，探讨疾病发生的病因和机理，预防和治疗疾病的发生发展。机能实

实验学的主要目的是通过了解机能实验学的性质和任务、内容、研究与发展, 加强学生对机能实验学基本知识的认识; 掌握机能实验学的实验方法和基本技能, 如常用仪器设备的原理和应用、常用动物的选择和动物实验的基本技术和方法、常用溶液的配制与换算、实验资料的收集、整理、实验设计方法及实验报告或论文的撰写; 掌握机能实验学的基本技术和基本技能; 培养学生基本科研素质, 即严肃的科学态度、严谨的科学作风、严密的科学思维及分析问题和解决问题的能力。

二、机能实验学的要求

首先要求学生了解该学科的性质、任务、内容及研究与发展概况。根据大纲的要求针对不同阶段、不同内容对学习的掌握程度分为: 了解、熟悉、掌握、独立操作和独立完成等。

(一) 实验前

1. 认真预习机能实验学的相关内容, 明确实验目的要求、实验原理、实验方法与步骤及实验过程中应注意的事项, 做到心中有数。
2. 结合实验内容预习相关理论知识, 提出自己的观点, 探索未知规律。
3. 充分估计实验过程中可能出现的问题及解决的办法。

(二) 实验时

1. 认真清点实验中所需的仪器设备、手术器械、药品、动物等器材。
2. 认真熟悉所用仪器设备的性能、严格遵守操作规程, 在未掌握操作方法时, 不要乱动仪器设备, 注意安全操作。
3. 各实验小组由小组长负责分工, 轮流操作, 协作完成实验。
4. 认真按照实验操作方法与步骤进行实验, 细心观察实验中出现的各种现象, 要准确无误的收集实验的各种信息, 如实验数据、原始记录图等。
5. 对实验过程中出现的问题及时报告指导老师。
6. 注意节约使用动物和药品。

(三) 实验结束后

1. 将实验仪器设备擦拭干净并认真清点, 交回实验准备室。对损坏或丢失的仪器设备填表报损, 按照学校有关管理规定进行赔偿。

2. 清理实验室卫生，做好动物的处理，关好水、电、门、窗。
3. 及时处理实验结果，将实验报告按时上交指导教师。

三、实验报告的书写

实验报告是学生完成实验操作后，对某项实验的目的、实验方法、实验结果如实记录并进行整理写出的书面总结。实验报告的书写有利于培养学生独立思考、综合分析问题及文字表达的能力，是实验课中的一项重要组成部分。实验报告要充分体现实验内容的科学性（各种概念、数据的使用必须准确无误）、创造性（对原有认识的新见解、新发现、或对原有方法的改进或新发明）和实用性。实验报告的书写要求如下：

1. 实验名称 实验名称要力求明确、能集中反映实验的内容。如观察苯巴比妥的抗惊效果，可写成“巴比妥类药物的抗惊厥作用”。

2. 实验人员班级、姓名、学号，实验时间（×年×月×日）。

3. 实验目的和要求 简明扼要的说明进行实验的主要目的，为什么要做这个实验，实验中需解决的问题及实验要达到的预期效果。

4. 实验器材 列出实验所用的仪器设备名称（型号）、实验材料、实验动物（体重、性别等）和实验药品（浓度）等。

5. 实验方法与操作步骤 简要描述本实验所采用的实验方法、实验技术路线（步骤）、给药顺序、观察指标和实验数据的收集方法。使其能正确的反映整个实验过程。

6. 实验结果 根据实验目的的不同，详细记录原始数据。对原始记录进行条理化整理、归类、以供统计分析数据时参考。同时应记录实验时间、条件、环境或出现的特殊情况。对原始资料不允许任意更改、捏造，不可主观选择、任意取舍。

实验结果的收集可采取叙述式、曲线记录式、绘制图表式等方法。

7. 实验结果分析与讨论 对实验中所收集的数据，首先进行统计学处理，然后结合所学专业理论知识和思考题对实验进行分析和解释，讨论实验中出现的一般性规律与特殊规律之间的关系。

8. 结论 根据对实验结果的分析、判断、从中做出结论。结论是从实验结果中归纳出的一般的概括性判断，结论应回答实验提出的主题，要求简短、符合逻辑。

四、实验室守则

1. 实验室是进行实验教学的重要场所，必须保持安静、清洁、整齐。不准高声谈笑，不准吸烟，不准随地吐痰和乱仍果皮纸屑。

2. 上实验课之前，要认真预习本次实验的内容，了解实验的目的、要求和方法步骤及仪器的操作规程。

3. 必须遵守实验室秩序，按预定的分组要求和实验顺序，按时参加，不得随意变动。

4. 实验必须在教师的指导下进行，参加实验的学生要思想集中，认真操作和仔细观察，如实验记录数据，积极分析思考，不得马虎从事，不得凑数据和抄袭他人的记录，要养成实事求是，严谨记录的科学作风，以锻炼培养学生独立操作的实验技术能力。

5. 严格纪律，遵守现场规章和制度，学生要严格按照操作规程进行实验，不准动用与本次实验无关的仪器设备、器材和实验材料，不得乱拉乱扯别组的实验器材。实验中遇到意外情况，应立即向指导教师报告，以便采取安全措施。

6. 保持实验室的安全，做好防火、防毒、防暴、防盗工作。

7. 爱护公共财物，节约水电。实验结束后。要关好水、电、气、门窗，清点仪器设备、工具、器械，办理归还手续。如有遗失，按原价赔偿。

8. 凡因不听从指导，违反操作规程而出现事故造成损失者，视情况轻重和认识程度，赔偿设备价值和修理费，并给予批评教育或纪律处分。

9. 不准私自挪用或带出实验室的设备、器材、工具等，违者给予纪律处分。

10. 实验完毕，由指导教师检查后，方能离开实验室。

第三节 机能实验设计的原理与数据处理

一、实验设计大纲

实验设计大纲的主要内容包括：立题、实验动物的选择与分组、实验

观察与记录、数据整理撰写论文报告等。

1. 立题 在充分查阅资料的基础上选题，独立进行设计，拟订实施方案，然后进行具体实验。

2. 实验动物的选择与分组 根据实验设计和实验室条件，考虑选用什么动物，包括体重、年龄、性别。如何分组，多少例数，是单因素设计还是多因素设计，有无非处理因素。

3. 观察指标 仔细观察实验过程中出现的现象，全面细致的作好原始记录。包括动物编号、麻醉方法、疾病模型复制、用药情况（时间、剂量、给药途径）、实验中出现的现象等，不可忽视例外情况。

4. 数据整理 将实验数据收集、整理、统计，用图或表简明的把实验结果表达出来。

5. 撰写论文报告 论文报告大致分为五部分，即前言、实验方法及步骤、实验结果、讨论和小结。

二、实验设计的基本程序

机能实验学实验设计的基本程序包括立题、实验设计、观察指标、实验资料的收集、实验结果的处理与分析、得出结论、撰写论文等过程。

（一）立 题

立题是科研工作中的重要环节，是研究设计的前提。在立题过程中需要查阅大量的文献资料进行分析研究，掌握近几年来研究的动向、取得的进展及需要解决的问题，提出新的构思或假说，从而确定研究的课题。立题的过程是一个创造性思维过程，应注重掌握的原则是，要有科学性、创新性、可行性。选题应有充分的科学依据和科学论证，遵循科学规律，有明确的目的意义。要有自己的新构思、新见解、新技术或方法，体现立题的创新性。同时考虑课题的可行性，符合实验者的主、客观条件。

（二）实验设计

实验设计是指根据研究的目的所制定出完成课题的科学实施方案。包括实验目的、实验材料和对象、实验分组和例数、技术路线、观察指标、数据的搜集和统计学处理方法。

实验设计包括三个基本要素，即：受试对象、处理因素和效应指标。

1. 受试对象（study subjects） 受试对象是指被实验的客体，受试

对象可以是正常的，也可以是病理性的。机能实验学实验的受试对象主要是人或动物。

人：包括健康志愿者和病人。人作为受试对象一般是在无创伤情况下完成的，应避免实验给人带来的不必要的痛苦。

动物：动物是根据实验目的、方法及动物本身的特点的不同而选择。一般实验选择的动物以狗、羊、家兔、大鼠、小鼠、蛙（蟾蜍）为主，特殊情况下，可选用灵长类动物。目前国内外对动物作为主要受试对象有很多争论，值得商榷。

2. 处理因素 (study factor) 处理因素是指对实验对象施加的外部干预。包括：药物因素、物理因素（射线、外伤、温度、手术）、化学因素（毒素、营养液）、生物因素（细菌、病毒）等。处理因素的目的：一是复制人类疾病模型，观察其发病病因和机制；二是观察药物或其他手段的治疗效果（见表 1-1）。

表 1-1

实验设计的三大要素

处理因素	受试对象	效应指标
物理刺激（电刺激）	大鼠	对脑梗死运动功能的影响
化学性（毒素）	狗	对血流动力学影响
生物学（细菌）	家兔	对温度的影响
药物（阿托品）	豚鼠	对离体回肠平滑肌的影响

在实验设计过程中，可以是单因素也可能是多因素。单因素设计是指只设计一种处理因素，观察对受试对象引起的实验效应，该设计便于分析但花费较大。多因素设计是指给多种处理因素，观察对受试对象引起的实验效应。该设计省时、省经费。

多因素分析又称多元分析或多变量分析，是研究多个相依因素（变量）之间的关系以及具有这种因素的样品之间关系的一类分析方法。多因素分析方法的一个主要任务是要简化研究问题的复杂性，以便抓住事物的主要矛盾，使研究问题明朗化，同时又可减少工作量。多因素分析的方法很多，如：正交试验、回归分析、通经分析、辨别分析、聚类分析、典型