



21世纪高等教育精品教材

医学机能学实验

主 编 杨桂姣

副主编 赵倩倩 宋园园 李金艳 张彩英

编 者 (按姓氏拼音排序)

曹秀丽 陈常佳 兰 婧 李金艳

马 琴 宋 皓 宋园园 王晓露

张彩英 张 琬 赵倩倩

汕头大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学机能学实验 / 杨桂姣主编. — 汕头: 汕头大学出版社, 2021. 1

ISBN 978-7-5658-4305-1

I. ①医… II. ①杨… III. ①机能—人体生理学—实验 IV. ①R-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 021409 号

医学机能学实验

YIXUE JINENGXUE SHIYAN

主 编: 杨桂姣

责任编辑: 汪艳蕾

责任技编: 黄东生

封面设计: 易 帅

出版发行: 汕头大学出版社

广东省汕头市大学路 243 号汕头大学校园内 邮政编码: 515063

电 话: 0754-82904613

印 刷: 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 7

字 数: 149 千字

版 次: 2021 年 1 月第 1 版

印 次: 2021 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 19.80 元

ISBN 978-7-5658-4305-1

版权所有, 翻版必究

如发现印装质量问题, 请与承印厂联系退换

P

REFACE

前言

实验教学是培养从事卫生健康人才的重要环节,医学机能学实验课程强调实验教学在培养学生实践和创新能力方面的作用,契合现代化的教学理念和改革思路。

21世纪,以信息科学和网络技术为代表的现代科技渗透到社会的各个领域,也为医学实验教学的发展带来新的机遇。把教材和网络虚拟实验有机地结合起来,是建立以虚拟与实训有机结合为特征的完整的医学实验教学体系的主要环节之一。因此,我们设计把文字教材和网络资源有机整合起来,编写了《医学机能学实验》。

医学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。它是研究生物的正常机能活动、疾病的发生机制和药物作用规律的综合性实验课程。该课程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。

本教材分为医学机能学实验总论、生理学实验、病理生理学实验、药理学实验、机能学实验常用药物五个部分。第一篇为总论,介绍本实验课程的基本概况、常用仪器设备、实验动物和实验基本操作技术等;第二、三、四篇为三个学科的基本经典实验;附录部分为机能学实验中麻醉药、常用生理溶液、常用血液抗凝剂及其他药品的配制、给药剂量等,以备学生在实验过程中查阅。同时,本教材中插入了二维码,学生可以通过扫描二维码观看实验视频,进行课前预习和课后反思。

在本教材编写过程中,程燕、张敏、吴孟凡、任欣宇、高晓晋、席蒲荣等为教材画了插图,在此对他们表示感谢。

本教材适合医学院校临床医学、口腔、预防、麻醉、护理、检验、影像、康复等多专业本科生和专科生使用。实验教学改革依旧处于探索过程,加之编者水平有限,教材中难免存在不足之处,恳请同行专家及同学们批评指正。

杨桂姣

Contents 目录

第一篇 医学机能学实验总论	1
第一章 医学机能学实验概述	1
第二章 机能学实验常用仪器及器械	5
第三章 实验动物和实验基本操作技术	23
第二篇 生理学实验	37
实验一 神经干动作电位	37
实验二 骨骼肌的单收缩和复合收缩	40
实验三 血液凝固和影响血液凝固的因素	42
实验四 ABO 血型鉴定	44
实验五 蛙心起搏及起源分析	44
实验六 期前收缩和代偿间歇	46
实验七 理化物质对离体灌流蛙心的影响	48
实验八 家兔实验的基本技能操作	50
实验九 神经体液因素对家兔血压的影响	52
实验十 呼吸运动的调节	54
实验十一 消化道平滑肌的生理特性	56
实验十二 影响尿生成的因素	58
实验十三 观察豚鼠耳蜗的生物电现象	59
第三篇 病理生理学实验	61
实验一 实验性急性肺水肿	61
实验二 急性呼吸功能障碍	63
实验三 失血性休克	65
实验四 缺氧	67
实验五 氨在肝性脑病发生中的作用	71
实验六 酸碱平衡紊乱	73

第四篇 药理学实验	75
实验一 机能学实验基本技能训练	75
实验二 腹腔注射尼可刹米急性毒性实验	79
实验三 地西洋的抗惊厥作用	81
实验四 不同剂型对药物作用的影响	83
实验五 不同给药途径对药物作用的影响	84
实验六 传出神经系统药物对麻醉兔血压的影响	86
实验七 有机磷酸酯类农药中毒及解救	88
实验八 药物的抗凝血作用	89
实验九 糖皮质激素的抗炎作用	91
实验十 离体消化道平滑肌收缩实验	92
实验十一 药物的镇痛实验(扭体法)	97
实验十二 案例分析	98
附录 机能学实验常用药物	101

第一章 医学机能学实验概述

一、医学机能学实验课程和学习目的

医学机能学实验课程将基本技能训练和各学科经典实验与各学科理论教学同步进行，加强经典实验在强化理论教学方面的功能，使实验教学与理论教学的结合更加紧密。强化这些实验项目在提高学生实践能力、综合思维和创新意识方面的职能。医学机能学实验课程的教学目的是通过实验教学训练学生的基本操作技能，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；通过机能学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。

医学在很大程度上属于实践科学，医学生的教育必须要有良好的实践教学，仅仅通过理论教学培养不出合格的医学人才。医学机能学实验课程是学习基础医学阶段唯一在活体动物上进行手术操作的实验教学，是在动物身上进行手术操作能力的训练，对于培养学生的实际动手能力至关重要。如何持刀持剪，如何使每一刀、每一剪做到心中有数，踏实不盲目等，从该阶段就要规范。逐步实现实验前教师为学生示范手术操作，通过反复示教、反复示范，使学生的规范操作成为习惯、成为自然。通过这些实验，提高学生综合运用多学科知识解决问题的能力，使学生能够通过实验课程将学过的多学科知识进行融汇整理，转变成能够应用于实际的东西。还可以采用开放实验和指导学生参加大学生创新训练等方法，使学生的创新能力得到进一步提高。

二、医学机能学实验课程要求及注意事项

医学机能学实验课程用活体动物进行医学实验，其结果对今后从事的临床工作有重要作用，同学们要严肃认真对待。做到操作规范、一丝不苟；观察结果认真、仔细；结果记录客观、真实；实验结论依据充分。课前做好预习，事先预测实验结果，通过实验验证预测结果，最后得出科学结论。

从医学机能学实验阶段开始，手术操作基本上要以临床工作进行操作需达到的标准来

要求。医务人员的基本素质是干净利索、井井有条、严肃认真、有条不紊。

通过实验,使学生掌握和运用现代化的实验技术和方法,从而提高他们独立思考、发现问题并解决问题的能力。在实验过程中,培养学生对科学工作严肃的态度、严格的要求、严密的方法、实事求是的作风和团结协作的精神。为做好实验,同学们要做到以下几方面。

①实验前,认真阅读实验讲义,扫描二维码观看实验过程,结合实验内容复习有关理论,理解本次实验的目的、要求和实验原理,熟悉实验步骤、操作程序和注意事项。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。

②实验中,注意爱护实验动物和标本,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,注意爱惜实验器材和节省药品。严格按照正规方式捉拿动物,注意安全。仔细、耐心地观察实验中出现的现象,客观地记录实验结果。保持实验室的安静,不得进行与实验无关的活动。在实验过程中,实验条件应始终保持一致,若有变动,应加文字说明。

③实验后,整理实验仪器和用具,关闭仪器、设备的电源开关。清洗、擦干手术器械并摆放整齐,清点实验用具,若有损坏或短少,应及时报告指导教师,按规定妥善处理实验后的动物和标本。整理实验记录,对实验结果进行分析讨论,得出实验结论。认真撰写实验报告,按要求交给指导教师评阅。

三、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。为了保证实验结果的真实可靠,并便于分析,实验条件应始终保持一致,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。

实验中得到的原始资料可分为测量资料和计数资料两大类。测量资料以数值大小来表示某事物变化的程度,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测量获得,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,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。为了便于比较和分析,经统计学处理的结果数据,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,由左至右逐个写入相应的结果数据,包括均数及标准差。

绘图表达实验结果,需要周密设计和精心制图,以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，使其一目了然，便于理解和分析。常用于表达实验结果的图形有直方图和坐标图。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。

四、实验报告的书写要求

实验报告是对实验的总结，也是医学机能学实验课程的一项基本训练。通过书写实验报告，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有关文献资料，对实验结果进行分析和解释，得出实验结论，从而使学生提高应用知识分析和解决问题的能力。同学们应以科学的态度，认真独立完成实验报告的书写，做到文字简练通顺，书写清楚、整洁。

书写实验报告时应注意以下几点（见实验报告模板）。

实验报告模板

_____大学 _____学院	实验报告 No. _____	
课程 _____ 专业 _____ 班级 _____ 姓名 _____		
实验项目 _____	_____年 _____月 _____日	
一、实验目的		
1. 学习并掌握离体蛙心灌流的制备方法。		
2. 观察某些理化物质对离体蛙心活动的影响。		
二、实验原理		
静脉窦能自动产生一定节律的兴奋，是蛙心的正常起搏点。将失去神经支配的离体蛙心（保留静脉窦）置于适宜的理化环境（任氏液）中，一定的时间内仍可产生规律的节律性兴奋和收缩活动，仍可保持对生物活性物质的反应性。而改变任氏液的成分可引起离体蛙心活动的改变。		
三、实验动物		
蟾蜍或牛蛙		
四、实验材料		
BL-420N 生物机能实验系统、张力换能器、铁架台、蛙类手术器械、蛙心夹……		
五、实验步骤		
(一) 制备离体蟾蜍心脏标本		
(二) 仪器操作与参数设置		
六、实验结果及分析		
实验项目	实验结果	结果分析
正常心搏曲线		
换以等量 0.65%NaCl 溶液		
……		
审阅者 _____		_____年 _____月 _____日

①实验题目。

②实验目的。

③实验对象和方法：方法和步骤简写。若仪器、方法有变动，可做简要说明。

④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真实、正确、详细地记述。若有曲线记录，应进行整理，合理剪贴，并附以图注和必要的文字说明。有些实验结果的数据可绘制成图表来表达。

⑤讨论和结论：根据已知的理论知识对结果进行分析。分析、推理要有依据，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，应考虑和分析其他可能存在的原因。结论是从实验结果和讨论中归纳出的一般的概括性判断。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。

五、实验室守则和实验动物管理

（一）实验室守则

①实验室是开展教学实验和科学研究的场所，任何人进入实验室必须严格遵守实验室的各项规章制度和操作规程。实验前要认真阅读实验讲义，了解实验目的、内容和要求。必要时身穿隔离衣，按时进入实验室，实验时因故外出或早退应向指导教师请假。

②培养良好的实验作风。实验时要保持实验室内的整洁、安静，认真听取指导教师的讲解及示教，培养有条不紊的工作习惯。不得擅自翻动和使用柜内物品及他人物品，实验室的仪器设备及附件、试剂等物品，未经实验室管理人员同意，使用者均不得擅自携带至室外。

③实验前应预习实验内容，了解实验仪器的性能和使用要点。实验中要按规定进行仪器的操作和使用，小组同学要相互配合，密切观察实验过程中出现的现象并随时做好记录。

④各组实验仪器和器材由本组使用，不得与他组调换，以免弄混。若发现仪器设备故障或损坏，应立即报告，以便及时得到维修和更换，不得擅自拆修，以防发生意外。每次实验后应清点实验器材、用品数量，若有遗失或损坏，应按规定赔偿。因违反操作规程而损坏仪器设备的，视情节轻重予以纪律和经济处罚。

⑤要爱护公共财物和实验仪器，注意节约水、电及各种实验器材和用品。试剂及药品，用前必须看清标签，取出药品后盖好瓶盖，放回原处，避免污染。

⑥学生在实验过程中，如被动物抓伤、咬伤，应立即报告指导教师，指导教师给予及时处理。实验结束后，动物及标本要按规定处置，不可擅自拿走。

⑦实验结束后，各组应自觉清洗、擦干实验器材，值日生做好实验室清洁工作，关好门窗、水电，经指导教师检查合格后方可离开实验室。

⑧学生在规定时间内按要求、实事求是地写出实验报告，并交给指导教师批阅。

（二）实验动物管理

当今世界，生命科学是现代化科学发展中最活跃的领域之一。实验动物是生命科学研究

究的基础和重要支撑条件，要爱惜动物，合理利用实验动物，做好实验动物的管理工作，为人类的健康服务。

①实验室人员必须具备实验操作有关技能（如注射、采血、麻醉、协助外科手术、无痛苦处死动物、尸体剖检等）。

②遵守实验的操作规程，合理有序安排实验程序，认真操作，保证实验顺利进行。

③未经允许，不得进行与实验无关的动物手术。

④善待实验动物，严禁残害或虐待实验动物。

⑤严防被实验动物抓咬，如果发生意外，应迅速采取应急措施。

⑥实验后，实验人员必须对实验动物采取必要的处理措施，按规定处理动物尸体及废物。

⑦定期消毒实验室，慢性实验动物确需饲养的，应交由学校实验动物中心饲养。

⑧外购动物经学校实验动物中心隔离和检疫后方可使用。

第二章 机能学实验常用仪器及器械

一、BL-420N 生物机能实验系统

（一）系统概况

BL-420N 生物机能实验系统主要用于生理、病理生理、药理等学科的各种机能实验、电生理实验等，可以进行实时的信号显示与处理，也可以及时存储，以便实验后回放数据进行处理。

（二）基本原理

BL-420N 生物机能实验系统（以下简称“BL-420N 系统”）首先将原始的生物机能信号进行采集、放大、滤波等处理，然后通过模数转换将信息数字化，传输到计算机，并对这些收到的信号进行实时处理或存储；同时，也可根据实验要求，对图像进行处理。BL-420N 生物机能实验系统工作原理如图 1-1 所示。

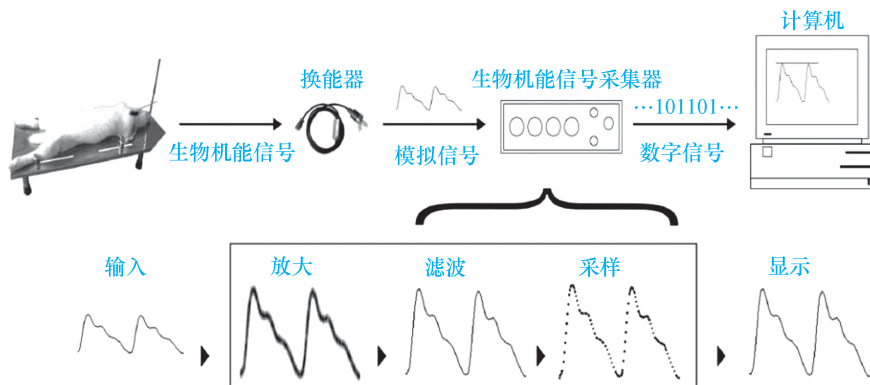


图 1-1 BL-420N 生物机能实验系统工作原理

(三) 硬件简介

1. 前面板说明

BL-420N 系统硬件前面板上包含了系统的工作接口，如图 1-2 所示。

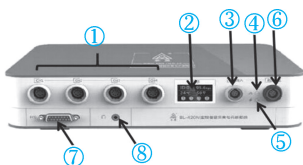


图 1-2 BL-420N 系统硬件前面板

- ①CH₁、CH₂、CH₃、CH₄：8 芯生物信号输入接口。
- ②信息显示屏：显示系统基本信息，包括温、湿度及通道连接状况指示等。
- ③记滴输入：2 芯记滴输入接口。
- ④刺激输出指示灯：显示系统发出刺激指示。
- ⑤高电压输出指示灯：当刺激超过 30 V 高电压输出时，该指示灯点亮。
- ⑥刺激输出：2 芯刺激输出接口。
- ⑦全导联心电图输入口：用于输入全导联心电信号。
- ⑧监听输出（耳机图案）：用于输出监听声音信号。

2. 后面板说明

BL-420N 系统硬件后面板如图 1-3 所示。



图 1-3 BL-420N 系统硬件后面板

- ①电源开关：BL-420N 硬件设备电源开关。
- ②电源接口：BL-420N 硬件电源输入接口（12 V 直流）。
- ③接地柱：BL-420N 硬件接地柱。
- ④A 型 USB 接口（扁形）：BL-420N 硬件固件程序升级接口。
- ⑤B 型 USB 接口（方形）：BL-420N 硬件与计算机连接的通信接口。
- ⑥级联同步输入接口：多台 BL-420N 硬件设备级联同步输入接口。
- ⑦级联同步输出接口：多台 BL-420N 硬件设备级联同步输出接口。

(四) 软件简介

1. 检测硬件设备是否正确连接指示

在开始实验之前，首先要确认 BL-420N 系统硬件、计算机以及软件是否连接成功。若连接成功，则 BL-420N 系统顶部功能区上的“开始”按钮变得可用，如图 1-4 所示。



图 1-4 功能区上“开始”按钮的状态

2. 主界面

BL-420N 系统主界面中包含 4 个主要的视图区，分别为功能区、实验数据列表视图区、波形显示视图区以及其他视图区，如图 1-5 所示。

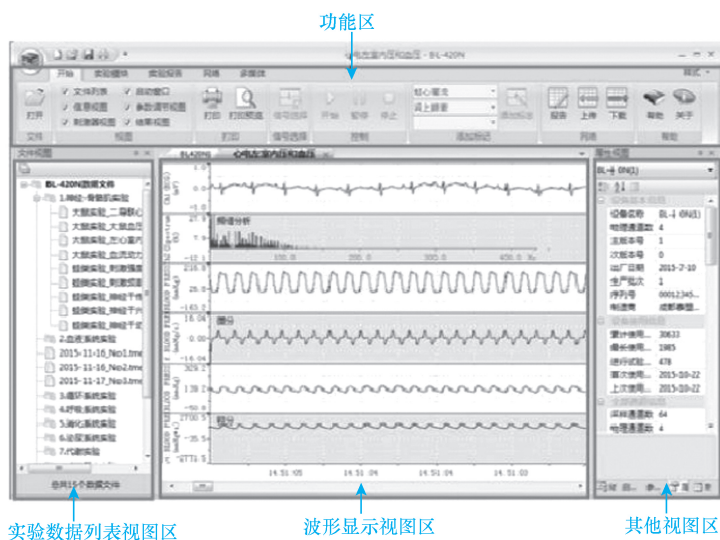


图 1-5 BL-420N 系统主界面

视图区是指一块独立功能规划的显示区域。在其他视图区中通常还会有其他被覆盖的视图区，包括通道参数调节视图区、刺激参数调节视图区等。

主界面上主要视图区及功能如表 1-1 所示。

表 1-1 主界面上主要视图区及功能

序号	视图区名称	功能
1	波形显示视图区	显示采集到或分析后的通道数据波形
2	功能区	主要功能按钮的存放区域，是各种功能的起始点
3	实验数据列表视图区	默认位置的数据文件列表，双击文件名可直接打开该文件
4	设备信息视图区	显示连接设备信息、环境信息、通道信息等基础信息
5	通道参数调节视图区	通道参数调节
6	刺激参数调节视图区	刺激参数调节和刺激发出控制区

序号	视图区名称	功能
7	快捷启动视图区	快速启动和停止实验
8	测量结果视图区	显示所有专用和通用的测量数据

3. 开始实验

BL-420N 系统有多种开始实验的方法，具体如下。

(1) 从“实验模块”启动实验。

选择功能区“实验模块”栏目，然后根据需要选择不同的实验模块开始实验。例如，选择“循环”模块中的“期前收缩一代偿间歇”，将自动启动该实验模块。功能区中的“实验模块”启动下拉按钮如图 1-6 所示。

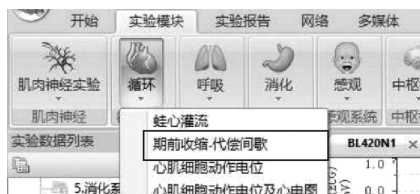


图 1-6 功能区中的“实验模块”启动下拉按钮

(2) 选择“信号选择”对话框启动实验。

选择功能区“开始”栏目中的“信号选择”按钮，系统会弹出一个“信号选择”对话框，如图 1-7 和图 1-8 所示。在“信号选择”对话框中，可根据自己的实验内容，为每个通道配置相应的实验参数。



图 1-7 功能区“开始”栏目中的“信号选择”按钮



图 1-8 “信号选择”对话框

(3) 从快捷启动视图区开始实验（适用于快速打开上一次实验参数）。

可以从启动视图中的快速启动按钮开始实验，也可以从功能区“开始”栏目中的“开

始”按钮快速启动实验，如图 1-9 所示。



图 1-9 快速启动实验按钮

4. 暂停和停止实验

在实验中不可避免会遇到一些问题，此时可以暂停或停止实验。实验暂停时，硬件数据采集的过程仍然在进行，但数据不被保存。停止实验是指停止整个实验，并将数据保存到文件中。暂停、停止实验按钮区如图 1-10 所示。



图 1-10 暂停、停止实验按钮区

5. 波形显示视图区说明

(1) 波形显示视图区概述。

BL-420N 系统软件的波形显示视图区为采集到生物信号时会显示波形显示视图的主要显示区域，该区域包括 6 个部分，如图 1-11 所示。

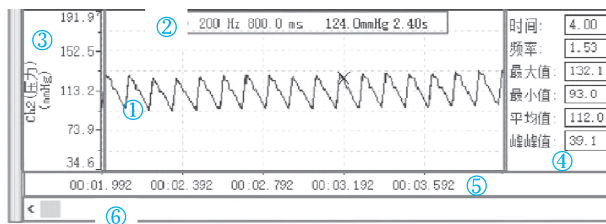
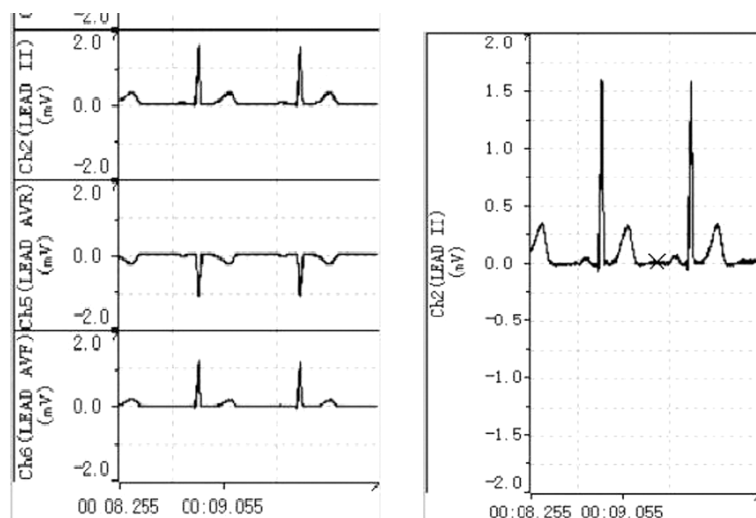


图 1-11 BL-420N 系统软件的波形显示视图区

- ① 波形显示区：以通道为基础同时显示 1~ n 个通道的信号波形。
- ② 顶部信息区：显示通道基本信息，如采样率、扫描速度和测量数据等。
- ③ 标尺区：显示通道幅度标尺，幅度标尺用于对信号的幅度进行定量标识。
- ④ 测量信息显示区：显示通道区间测量的结果。
- ⑤ 时间显示区：显示所有通道的时间位置标尺，以 1 通道为基准。
- ⑥ 滚动条：拖动定位反演文件中波形的的位置。

(2) 单通道显示和多通道显示切换。

BL-420N 系统可以同时记录 1~128 个通道生物信号。通常情况下，波形显示视图根据选择的记录信号数自动设置相应的通道数。通道较多时，可通过双击鼠标左键，在单通道显示和多通道显示之间切换，如图 1-12 所示。

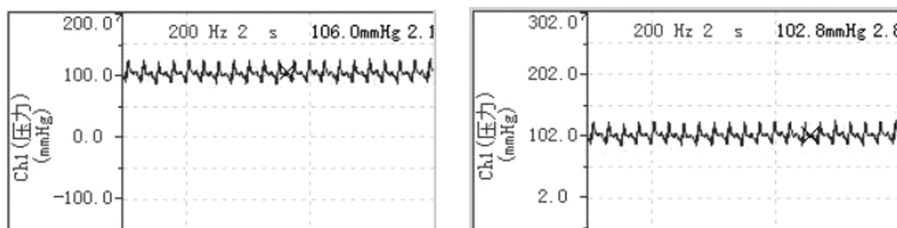


(a) 多通道显示 (b) 单通道显示

图 1-12 BL-420N 系统的多通道显示和单通道显示

(3) 波形的上下移动。

要调整波形在通道中的位置，可先在通道标尺区按下鼠标左键，在按住不放的情况下上下移动鼠标，波形会跟随鼠标移动，松开鼠标左键完成波形移动。BL-420N 系统单通道波形的上下移动如图 1-13 所示。

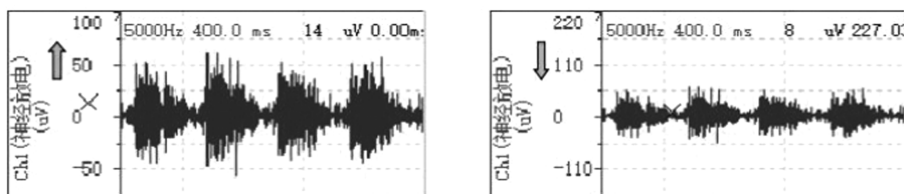


(a) 波形的上移 (b) 波形的下移

图 1-13 BL-420N 系统单通道波形的上下移动

(4) 波形的放大和缩小。

为了便于观察，可放大或缩小通道中的波形。将鼠标移动到通道标尺区中，向上滑动鼠标滚轮放大波形，向下滑动鼠标滚轮缩小波形。在标尺窗口中双击鼠标左键，波形会恢复到默认标尺大小。BL-420N 系统单通道波形的放大和缩小如图 1-14 所示。



(a) 波形的放大 (b) 波形的缩小

图 1-14 BL-420N 系统单通道波形的放大和缩小

(5) 波形的压缩和扩展。

如需压缩或扩展通道中的波形，可先将鼠标移动到波形显示通道中，然后向上滑动鼠标滚轮扩展波形，向下滑动鼠标滚轮压缩波形。BL-420N 系统单通道波形的压缩和扩展如图 1-15 所示。

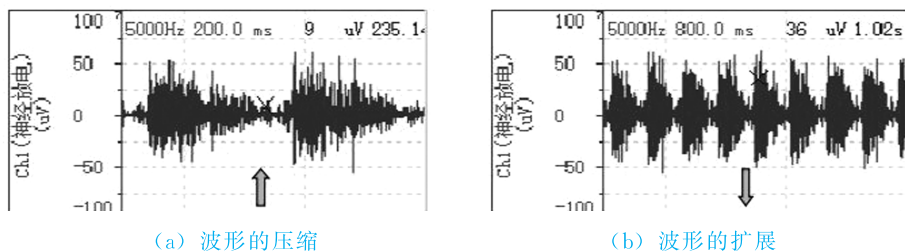


图 1-15 BL-420N 系统单通道波形的压缩和扩展

(6) 波形显示区的快捷菜单说明。

在波形通道中单击鼠标右键，会弹出通道相关的快捷菜单，如图 1-16 所示。



图 1-16 BL-420N 系统波形显示区的快捷菜单

通道快捷菜单中包含很多与通道相关的命令，如数据分析、测量，通道信息区的隐藏、叠加波形开关，以及数据导出等。常用的功能有以下几种。

①分析：BL-420N 系统软件包含一系列的分析功能，包括微分、积分、频率直方图、频谱分析、序列密度直方图和非序列密度直方图等。

②测量：BL-420N 系统软件包含一系列的测量功能，包括区间测量、心功能参数测量、血流动力学测量和心肌细胞动作电位测量等。

③添加 M 标记：M 标记用于配套鼠标移动时的单点测量。

④测量数据跟随光标：开启此开关进行数据反演，鼠标在波形线上移动，可以显示当前位置的坐标值，如图 1-17 所示。

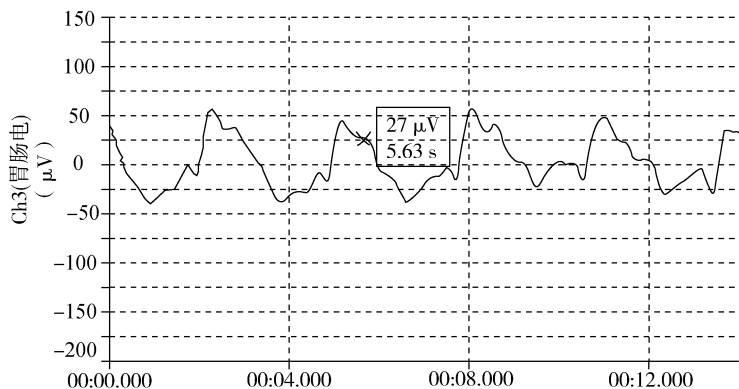


图 1-17 BL-420N 系统波形上开启测量数据跟随光标

⑤隐藏选择通道：对于某个无用的通道，点击该选项，该通道便会进入隐藏状态。

⑥显示开关：切换通道右部/顶部信息区、通道基线、实时数据监测等的隐藏和显示。

⑦标尺形式：可以设置标尺为 X 轴基线优先或 Y 轴基线优先。

⑧自动回零：可使由于输入饱和而偏离基线的信号迅速回到基线上。

⑨刺激触发：在此菜单中，设置刺激触发的开关状态，并且在“开”的状态下，可以设置刺激触发的触发方式（上升沿触发或下降沿触发）。

⑩实验标签：在此菜单中，添加、编辑或删除实验标签。

6. 功能区说明

(1) 功能区。

功能区是指 BL-420N 系统主界面顶部的功能按钮选择区域，这个区域是操作系统的入口点，如图 1-18 所示。



图 1-18 BL-420N 系统主界面功能区

(2) 功能区栏目的切换。

在功能区中，所有的功能按照不同分类分成不同的栏目。整个功能区共有 7 个栏目，需要某个分类下的功能时，直接点击分类名称，即可切换到某个分类下。功能区中的“开

始”栏如图 1-19 所示。

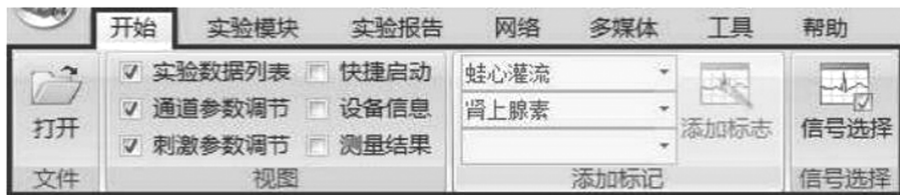


图 1-19 功能区中的“开始”栏

(3) 功能区“开始”栏。

功能区“开始”栏是系统默认的功能区分类，“开始”栏中又包括 6 个功能分类，分别为文件、视图、添加标记、信号选择、控制和实验报告，如图 1-20 所示。



图 1-20 功能区“开始”栏

- ①文件：打开文件，用于打开指定数据文件进行反演。
- ②视图：显示/隐藏除主视图以外的其他视图。
- ③添加标记：添加实验标记，该功能只在采样过程中可用。
- ④信号选择：自主选择并设置通道参数，启动实验。
- ⑤控制：控制波形采集的开始、暂停和停止。
- ⑥实验报告：实验报告的编辑、打印、上传、下载等功能。

(4) 信号选择。

“信号选择”对话框用于自定义实验参数，该菜单项只在实验还未启动，且设备连接正确的情况下使用。

点击功能区中“开始”栏目中的“信号选择”命令，将弹出“信号选择”对话框。在该对话框中将显示当前设备的全部可用通道信息。

信号采集的工作模式分为连续采样和刺激触发采样两种。连续采样方式是指不间断地进行信号采集，刺激触发采样方式则是启动刺激后同时触发一帧采样。

(5) 功能区“实验模块”栏。

“实验模块”栏包含 10 个分类，如图 1-21 所示。常用功能区“实验模块”栏的功能分类说明如表 1-2 所示。



图 1-21 功能区“实验模块”栏

表 1-2 常用功能区“实验模块”栏的功能分类说明

序号	名称	功能说明
1	肌肉神经	包括刺激强度与反应的关系、刺激频率与反应的关系、神经干动作电位引导、神经干兴奋传导速度测定、神经干不应期测定、阈强度与动作电位关系、心肌不应期测定、肌肉兴奋—收缩时相关关系、神经纤维分类、肌梭放电、痛觉实验等实验模块
2	循环系统	包括蛙心灌流、期前收缩—代偿间歇、心肌细胞动作电位、心肌细胞动作电位及心电图、减压神经放电、动脉血压调节、左室内压和动脉血压、急性心肌梗死及药物治疗、全导联心电图、血流动力学等实验模块
3	呼吸系统	包括膈神经放电、呼吸运动调节、呼吸相关参数的采集与处理、肺通气功能测定等实验模块
4	消化系统	包括消化道平滑肌电活动、消化道平滑肌的生理特性、消化道平滑肌活动等实验模块
5	药理实验	包括 PA ₂ 的测定、药物的镇痛作用、吗啡对呼吸的抑制作用及解救、药物对离体肠的作用、传出神经系统药物对麻醉动物血压的影响、药物对实验性心律失常的作用、垂体后叶素对小白鼠立体子宫的作用、药物对麻醉大鼠的利尿作用等实验模块
6	病生实验	包括实验性肺水肿、急性失血性休克及挽救、急性左心衰合并肺水肿、急性右心衰、急性高钾血症、家兔呼吸功能不全等实验模块

(6) 功能区“实验报告”栏。

“实验报告”栏用于实验报告的配置，包括编辑、报告类型选择和实验基本信息 3 个分类，如图 1-22 所示。



图 1-22 功能区“实验报告”栏

(7) 功能区“工具”栏。

“工具”栏包含 BL-420N 系统中的各种计算工具，包括数据分析工具、分析工具、硬件工具和扫描速度 4 个子栏目，可用于数据分析，如图 1-23 所示。



图 1-23 功能区“工具”栏

其他功能详见《BL-420N 生物机能实验系统说明书》。

二、HW200S 恒温平滑肌实验系统

HW200S 恒温平滑肌实验系统主要用于平滑肌、离体肠管等生理实验中，调节和维持实验环境温度，从而保证离体平滑肌的生理活性，如图 1-24 所示。



图 1-24 HW200S 恒温平滑肌实验系统

(一) HW200S 恒温平滑肌实验系统主面板

HW200S 恒温平滑肌实验系统主面板如图 1-25 所示。

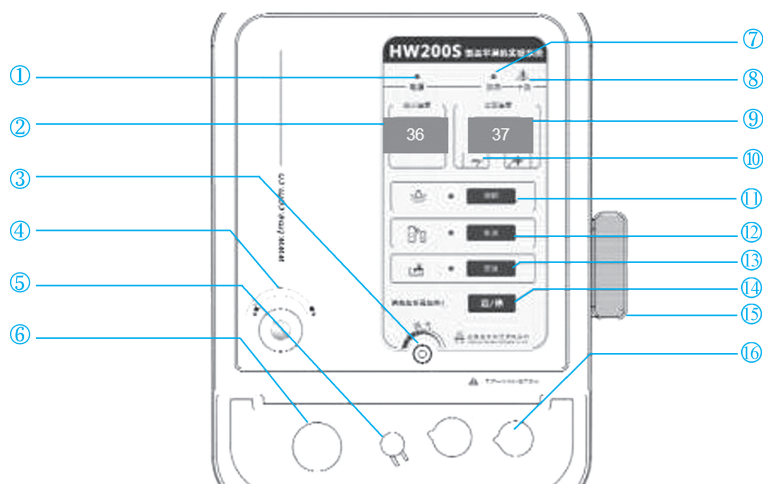


图 1-25 HW200S 恒温平滑肌实验系统主面板

- ①电源指示灯：连通电源后，电源指示灯会亮，仪器开始工作。
- ②当前温度值：显示为水浴缸中当前温度，温度显示精度为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- ③调气旋钮：调节实验管中进气速度，顺时针为调小，逆时针为调大。
- ④传感器支架：用于固定张力换能器，可升降式收纳，便于放置和运输。
- ⑤实验管：标本通过进气支架组固定在实验管中，水浴和进气管保证恒温富氧的

环境。

⑥预热管：预先加热药液。

⑦加热指示灯：指示灯提示系统正在进行水浴加热。

⑧干烧指示灯：提示系统正处于干烧状态，同时会有蜂鸣音提示使用者。

⑨设定温度值：显示为系统设定温度值，温度显示精度为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

⑩温度调节按钮：更改设定温度。

⑪照明按钮：可控制位于实验管旁边的照明灯，方便实验者观察标本。

⑫移液按钮：长按“移液”按钮，可将预热管中液体单向移动至实验管中。

⑬排液按钮：按下“排液”按钮，系统将实验管中的废液移动至废液盒中，当排尽所有的废弃液后，再次按下“排液”按钮，系统停止排液。

⑭启/停按钮：按下“启/停”按钮，系统自动对水浴池中的液体进行加热。

⑮废液盒：收集实验管内排出的废弃营养液。

⑯储液管：可预热单独预热药物或其他营养液。

(二) HW200S 恒温平滑肌系统主机侧面——排水、进气

HW200S 恒温平滑肌实验系统主机侧面如图 1-26 所示。



图 1-26 HW200S 恒温平滑肌实验系统主机侧面

①进气口：可外接氧气，最大可达到 0.5 MPa 。

②排水阀门：将阀门旋转至“开”，即打开阀门，排出水浴池中液体。

③排水口：当排水阀门开启时，可通过排水口排出水浴池中的水。

(三) 进气支架组

HW200S 恒温平滑肌实验系统标本夹和进气支架如图 1-27 所示。

①支架固定夹片：将支架固定在实验管上。

②标本：本系统适用于小肠、气管、十二指肠、胃壁、子宫等平滑肌组织。

③标本固定柱：卡扣式固定柱，标本一端的结扎线直接卡在卡扣中。

④进气管：与进气旋钮旁的阀门相连接，组成完整气路。

⑤进气支架：支撑进气支架组。

⑥进气针：气体通过进气针进入实验管。气体充入实验管液体产生气泡，气泡过大会影响组织标本，注意调节。

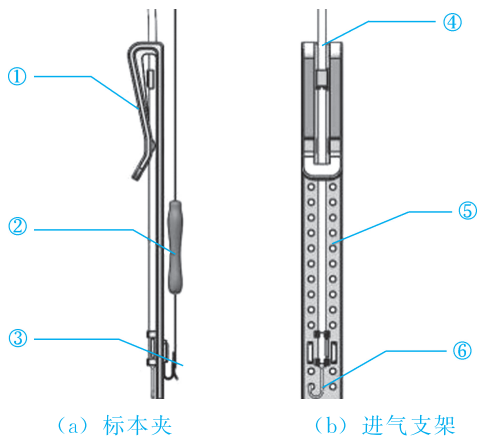


图 1-27 HW200S 恒温平滑肌实验系统标本夹和进气支架

三、BL-420I 信息化集成化信号采集与处理系统

BL-420I 信息化集成化信号采集与处理系统包含操作台、照明系统、信号采集系统、测温系统、同步演示系统，可完成生理学、药理学、病理学等各项实验。

(一) 系统介绍

BL-420I 整机示意图正面和背面分别如图 1-28 和图 1-29 所示。



图 1-28 BL-420I 整机示意图正面

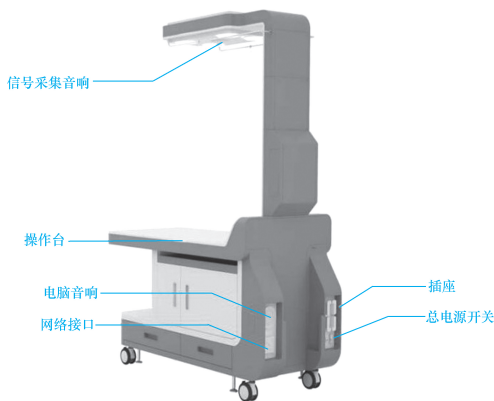


图 1-29 BL-420I 整机示意图背面

(二) 开、关机

- ① 开机：上拉电源总开关后打开系统。
- ② 关机：下拉电源总开关后关闭系统。先关闭计算机，再关闭系统总开关。

(三) 照明系统

- ① 开关机：单击照明系统开关，即可打开或关闭照明系统。
- ② 调节亮度：旋转调光旋钮调节亮度。
- ③ 调节方向：可旋转灯座调节照明方向。

(四) 其他设备使用

1. 呼吸系统的使用

小动物呼吸机适用于多种实验动物，可精确调节呼吸机的潮气量，其面板如图 1-30 所示。



图 1-30 小动物呼吸机面板

- ①呼吸比：动物呼气时间和吸气时间的比值。
- ②潮气量：实验动物的潮气量。
- ③压力指示：显示当前气道压力。
- ④呼吸频率：实验动物呼吸频率，可通过上、下键做调整。
- ⑤开关：启动或停止使用仪器。

2. 温度检测系统的使用

动物肛温仪适用于大、小鼠，实时、精确测量大、小鼠的肛温和环境温度，如图 1-31 所示。使用时，将肛温传感器探头轻轻放入实验动物肛门即可。

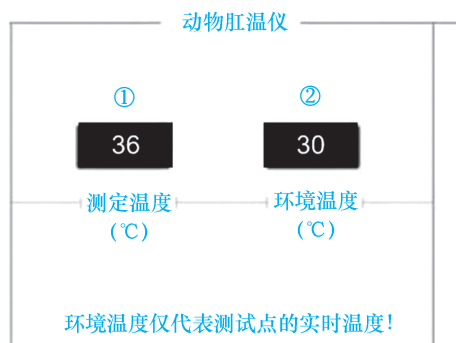


图 1-31 动物肛温仪

- ①测定温度：当前实验动物肛温。
- ②环境温度：当前环境温度。

3. 软件系统的使用

内置 BL-420N 生物机能实验系统，使用方法参见前文内容。

四、常用实验器材

(一) 神经干标本屏蔽盒

在进行神经干生物电信号的测定时，为了屏蔽外界的电磁信号，可使用神经干标本屏蔽盒，其内部如图 1-32 所示。

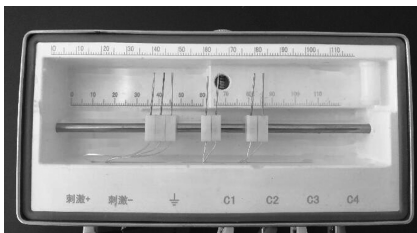


图 1-32 神经干标本屏蔽盒内部

神经干标本屏蔽盒内左侧第 1 对为刺激电极，与刺激器输出相连；右侧两对引导电极与输入通道相连；位于刺激电极和引导电极之间的是接地电极。第 1、2 对引导电极间的距离可根据实际需要调节。在进行神经干动作电位测定时，可将标本置于盒内的第 1、2 对引导电极上。

(二) 电极

在进行电生理的实验时，通常为了测量和记录生物电位，需要用电极将微弱的生物电引出。学生实验中常用的电极为普通刺激电极，如图 1-33 所示。普通电极将两根银丝装嵌在有机玻璃或电木的框套内，银丝上端与引线连接，也可作为刺激电极或引导电极。

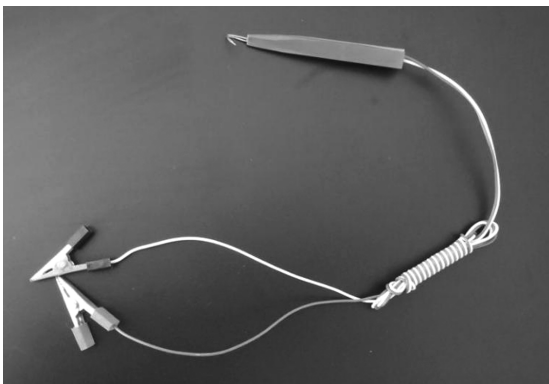


图 1-33 普通刺激电极

(三) 换能器系统

换能器又称传感器，是一种检测装置，能将检测到的信息按一定规律转换成电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。

1. 压力换能器

压力换能器主要用于测量血压、心内压、胸腔内压等，如图 1-34 所示。当外界压力作用于压力换能器时，敏感元件的电阻值发生变化引起电桥失衡，使压力换能器产生电信号。



图 1-34 压力换能器

使用方法：连接好主机后，开机预热 10 min。调节三通管使压力换能器直接与大气相通，调节压力换能器的调零电位器，以确定零压力基线。将两个三通管分别与压力换能器的两个接口连接，从一侧三通管处缓慢注入抗凝稀释液，并将气泡排净。把压力换能器水平放置并固定，尽可能保持液压导管（插管）的开口与压力换能器的感压面在同一水平面，以避免静水柱出现误差。将仪器调零后，给压力换能器施加一个标准的压力值，然后把压力值输到仪器系统内。实验时仪器系统将以此做对照，准确地测量压力的大小。再次调节三通管，使压力换能器与充满抗凝稀释液的测压导管相通（另一侧三通管需要关闭），即可进行压力的测量。实验结束后，注意及时清除压力换能器内的液体或血液，并用蒸馏水冲洗干净。

使用压力换能器时应注意，压力换能器的测量范围一般为 $-50 \sim 300$ mHg，应在量程范围内使用。在测量时，压力换能器、导管和被测对象应组成一个完全封闭的系统。若某一环节出现漏气情况，将造成液体漏出和测量的不准确。清洗压力换能器时，注意压力换能器内侧有胶圈，以免丢失。

2. 张力换能器

张力换能器主要用于记录肌肉收缩曲线，其工作原理与压力换能器相似，张力换能器可把张力信号转换成电信号，如图 1-35 所示。



图 1-35 张力换能器

使用方法：将张力换能器固定在铁架台上，保证受力感应梁（弹簧片）与拉力方向垂直。与主机连通，启动后预热 10 min。将标本的一端通过丝线与张力换能器的弹簧片相连接，即可开始实验。注意连接标本和张力换能器的丝线松紧度要合适，不宜过松或过紧。

在使用张力换能器时应注意其量程，根据不同实验对象选择适合的张力换能器。在安装和调整实验装置时，动作应尽量轻柔，特别是不要用手拨动张力换能器的感应梁，以免造成损坏。

五、常用手术器械及其应用

外科手术中常用的基础器械即基础外科手术器械。熟悉并掌握手术器械的使用，是对每个医学生最基础的要求。

（一）手术刀

手术刀是指由刀片和刀柄组成的、用于切割人体或动物体组织的特制刀具，是外科手术中不可缺少的重要手术工具。根据刀片和刀柄的连接形式，手术刀可分为可拆卸手术刀和固定手术刀。其中，可拆卸手术刀应用更加普遍，其装刀方法是将刀片装置于刀柄前端的槽缝内。装刀及取刀方法如图 1-36 所示。

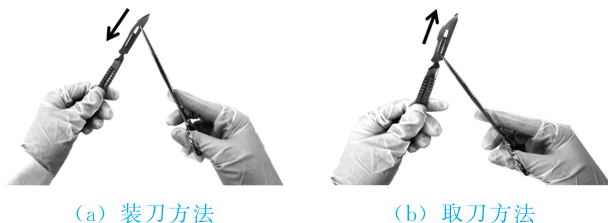


图 1-36 装刀及取刀方法

执刀姿势视切口大小、位置等不同，分为指压式、抓持式、执笔式及反挑式等持法，如图 1-37 所示。

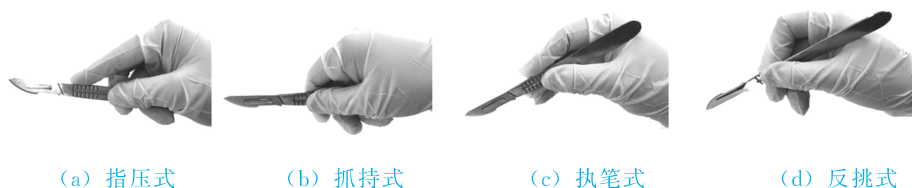


图 1-37 执刀姿势

①指压式：又称操琴式或执弓式，是最常用的一种执刀方法，发挥腕和手指的力量，多用于腹部皮肤切开及切断钳夹的组织。

②抓持式：又称捉刀式，用于切割范围较广、用力较大的坚硬组织，如筋腱、坏死组织、慢性增生组织等，力量在手腕。

③执笔式：用以切割短小切口，用力轻柔而操作精细，如分离血管、神经以及切开腹膜小口等，动作和力量主要在手指。

④反挑式：又称外向执笔式，是执笔式的转换形式，刀刃由内向外挑开，以避免深部组织或器官损伤，如切开腹膜或挑开狭窄的腱鞘等。

(二) 剪刀

基础外科用剪是手术中常用于剪切的手术器械，根据其结构和功能特点不同分为许多种类型，如图 1-38 所示。

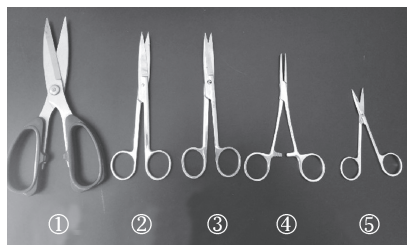


图 1-38 基础外科用剪

①普通粗剪刀：用于剪粗硬或坚韧的组织，如皮毛、骨骼等。

②手术剪：依据用途不同，手术剪可分为两种。一种是沿组织间隙分离和剪断组织的，叫作组织剪；另一种用于剪断缝线，叫作剪线剪。

③弯剪：多用来修剪毛发，使用时尽量使用前半部，谨防后部带毛发。

④血管钳：又叫止血钳，主要用于夹住出血部位的血管或出血点，以达到直接钳夹止血，有时也用于分离组织、牵引缝线。

⑤眼科剪：常用于剪断神经、血管、被膜等，以便插管之用。

正确持剪法为拇指和无名指分别插入剪刀柄的两环，中指放在无名指环的剪刀柄上，食指压在轴节处起稳定和导向作用，以便操作，如图 1-39 所示。

(三) 手术镊

手术镊用于夹持和提起组织，便于解剖及缝合，也



图 1-39 正确持剪法

可夹持缝针及敷料等，如图 1-40 所示。

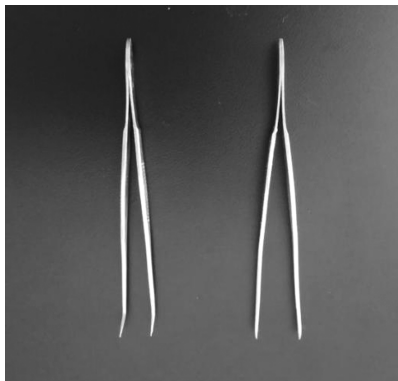


图 1-40 手术镊

(四) 其他手术器械

其他手术器械包括气管插管、蛙心插管、玻璃分针、动脉夹和蛙心夹等，如图 1-41 所示。

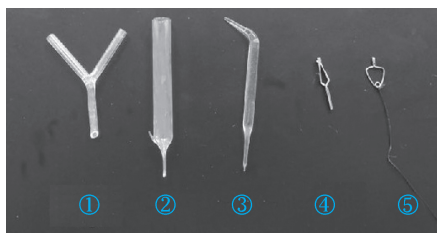


图 1-41 其他手术器械

- ①气管插管：呈“Y”形，在家兔麻醉状态下，保持家兔呼吸通畅。
- ②蛙心插管：常用的蛙心插管多用玻璃制成，尖端插入心室，突出的小钩用来固定离体心脏，插管内可以添加各种溶液，以观察蛙心的变化。
- ③玻璃分针：用于分离神经、血管。
- ④动脉夹：主要用来夹闭、阻断血流。
- ⑤蛙心夹：用于蛙类实验操作，实验时夹住蛙心尖，通过线绳连接张力换能器，观察蛙心的变化。

第三章 实验动物和实验基本操作技术

一、实验动物与伦理

随着科技的高速发展，生物技术在临床领域的应用日益广泛，人们对环保也有了进一步了解，人文关怀意识、健康意识也逐步增强。实验动物在教学中有重要作用。动物实验

是人类进行生命科学研究必不可少的手段和方法，但在实验过程中也应遵循相关法律法规，给予动物福利。

动物福利，即人类应该给予实验动物的良好条件，维持动物的生理健康、心理健康以及正常所需要的一切事物。实验动物在医学研究领域、生命科学探索和实践应用中发挥着巨大的作用。在医学研究领域实验动物是不可缺少的，同时医学实验研究也给动物带来痛苦、伤害、疾病甚至死亡，实验动物为医学进步、科学发展做出了牺牲，人类有责任和义务去尊重、善待它们，落实和维护它们的福利。人类与实验动物应和谐共处、相互尊重，促进生物医学与伦理学良性互动，形成充满生机和活力的局面。应尽可能使每一次实验用最小的代价获取最大的价值，这才是对实验动物最大的尊重。而医学生只有尊重生命、关爱生命，深知生命的真谛，才能在今后的医疗岗位上成为一名合格的医务工作者。

二、实验动物的分级

根据实验动物微生物控制标准，可将实验动物分为以下 4 级。

（一）一级普通动物（CV）

一级普通动物是微生物和寄生虫控制要求最低的实验动物。要求排除人畜共患病的病原体 and 极少数的实验动物烈性传染病的病原体。普通级实验动物一般在开放环境下饲养，为防止传染病，在实验动物饲养和繁殖时，要采取一定的措施，应保证其用于测试的结果具有反应的重现性。

（二）二级清洁动物（CL）

清洁动物比普通动物要求高的微生物及寄生虫控制等级，要求排除人畜共患病及动物主要传染病的病原体。清洁级动物的引种应来源于更高等级的动物，应在温、湿度可控的屏障系统中，进行饲养、繁殖生产或使用。清洁级动物已是我国目前主要使用的质量控制等级的动物，广泛地应用于生命科学研究、新药研制和安全评价等领域的动物实验之中。

（三）三级无特殊病原体动物（SPF）

在清洁级动物的基础上，根据实验需要，要求动物不携带可能干扰实验进行或结果的特定微生物和寄生虫，这类实验动物称为无特殊病原体动物，即 SPF 动物。

（四）四级无菌动物（GF）或悉生动物（GN）

四级无菌动物要求不携带任何用现有方法可检出的微生物。在无菌动物中人为地植入已知的一种或数种微生物的动物被称为悉生动物。

三、实验动物的选择与准备

机能学实验主要是通过动物实验完成的，实验动物的选择会直接影响实验的成败。实验过程中必须根据实验内容与动物特点选取符合要求的实验动物。一般而言，实验动物的选择应遵循以下基本原则。

（一）选择与人体结构、机能、代谢及疾病特征相似的动物

利用实验动物某些与人类相似的特性，通过动物实验对人类的疾病发生和发展的规律进行推断和探索。例如，在结构与功能方面，哺乳动物之间存在许多相似点，从解剖学上看，除体型的大小、比例存在差异外，身体各系统的构成基本相似。因此，它们在生命活动中基本功能过程也是相似的。

（二）选用结构简单又能反映研究指标的动物

进化程度高或结构功能复杂的动物有时会给实验条件的控制和实验结果的获得带来难以预料的困难。在能反映实验指标的情况下，应选用结构简单功能的动物。例如，果蝇有生活史短（12天左右）、饲养简便、染色体数少（只有4对）、唾腺染色体制作容易等诸多优点，所以是遗传学研究的绝好材料。而同样的研究，若以灵长类动物为实验动物，其难度是可以想象的。

（三）选择适龄的实验动物

慢性实验或观察动物的生长发育，应选择幼龄动物。在老年医学研究中，常选用老龄动物，因其机体的代谢和各种功能反应已接近老年。一般实验中应选用青壮年的动物。

（四）标准化、规格化

确定实验动物的种属后，选用经遗传学、微生物学、环境及营养控制的标准化实验动物，排除细菌、病毒、寄生虫和潜在疾病对实验结果的影响。

（五）选择易获得、经济、易饲养管理的动物

在不影响实验结果正确可靠的前提下，应尽量选用容易繁殖、比较经济实用的实验动物。当前“3个R”的原则已经在国际上被接受和推广，“3R”是指Reduction（减少）、Replacement（替代）和Refinement（优化），意思为尽量减少动物实验的次数和使用动物的数量，尽可能使用替代物和善待动物，所以能用小动物的不用大动物，能用低等动物的不用高等动物。

四、机能学常用实验动物

（一）小鼠

小鼠亦称小白鼠，属于脊椎动物门、哺乳纲、啮齿目、鼠科动物。小鼠体小，体表面积相对较大，温顺、胆小，喜群居于光线较暗的环境，昼伏夜动，生产繁殖快，饲养管理方便，易于控制。其主要用于药物筛选性实验、毒性实验和安全评价等实验动物量大的实验中。

（二）大鼠

大白鼠，属于哺乳纲、啮齿目、鼠科动物，性情不够温顺，易于捕捉，易受惊，激惹后表现凶恶，易咬人，对外界刺激敏感，昼伏夜出，不耐湿热，对疾病抵抗力强，成熟快，繁殖力强，易饲养。其广泛应用于新药筛选、药物安全性评价和药效学、神经、内分

泌、行为学、老年病学以及心血管等疾病的研究。

（三）家兔

家兔是由一种野生的穴兔经过驯化饲养而成的，属于草食性动物，性情温顺，胆小易惊，耐寒怕热。家兔听觉、嗅觉十分灵敏，利用呼吸散热维持体温平衡，生长快，繁殖力强，易饲养。其常用于减压神经与心血管活动的关系研究，以及急性心血管实验。此外，家兔对体温变化敏感，易产生发热反应，可用于发热研究和热源试验。

（四）蟾蜍

蟾蜍，也称蛤蟆，两栖动物，体表有许多疙瘩，内有毒腺，以耳后的椭圆形耳腺分泌最多。其常用于心脏生理功能和药物对心脏作用的研究，外周神经及其肌肉的生理功能以及药物对外周神经、神经终板作用的研究等。

五、实验动物的提取与固定

在进行动物实验之前，需要提取动物并进行固定，这是最基本的实验技术。提取实验动物的基本原则是禁止粗暴对待动物，防止动物意外损伤，防止被动物抓伤。

（一）实验动物的提取

1. 小鼠的提取

一只手提起鼠尾，将小鼠置于鼠笼盖或粗糙易攀抓的台面上，轻轻向后提拉鼠尾，在小鼠向前方攀抓时，另一只手拇指、食指抓住小鼠头颈部皮肤，充分固定头部后，将小鼠置于手心，腹部朝上后轻拉鼠尾，将其夹在左手无名指、小指和手掌之间（见第四篇药理学实验一“机能学实验基本技能训练”）。

2. 大鼠的提取

大鼠在激惹时会咬人，捉拿时要戴防护手套，动作轻柔。提取时实验者戴保护手套，一只手张开虎口，迅速将拇、食指插入大鼠的腋下，虎口向前，其余三指及掌心握住大鼠身体中段，并将其保持仰卧位，之后调整拇指位置，紧抵在下颌骨上（但不可过紧，否则会造成窒息），即可进行实验操作。麻醉的大鼠可置于大鼠实验板上（仰卧位），用橡皮筋固定好四肢（也可用棉线），为防止苏醒时咬伤人和便于颈部实验操作，应用棉线将大鼠两上门齿固定于实验板上。

3. 家兔的提取

一只手抓住家兔颈背部皮肤，轻轻提起，另一只手托住家兔臀部与后肢，使其呈坐位姿势，切忌提拉家兔的双耳或双后肢，直接抓腰部、背部皮肤，防止被动物抓伤以及损伤动物，如图 1-42 所示。



图 1-42 家兔的提取

4. 蛙类的提取

提取蟾蜍时，可先在蟾蜍体部包一层湿布，用左手将其背部贴紧手掌固定，把后肢拉直，并用左手的中指、无名指及小指夹住，前肢可用拇指及食指压住，右手即可进行实验操作，如图 1-43 所示。抓取蟾蜍时不要挤压两侧耳部突起的毒腺，以免蟾蜍将毒液射到实验者眼睛里。需要长时间固定时，可将蟾蜍麻醉或破坏脑脊髓后，用大头针钉在蛙板上。若需破坏脑脊髓，则以左手食指和中指夹住蟾蜍前肢，无名指和小指夹住两后肢，使其俯卧位固定于左手中，尽量使蛙向前向下屈曲至容易触摸枕骨大孔位置，方可持毁髓针刺入枕骨大孔，破坏脑脊髓。

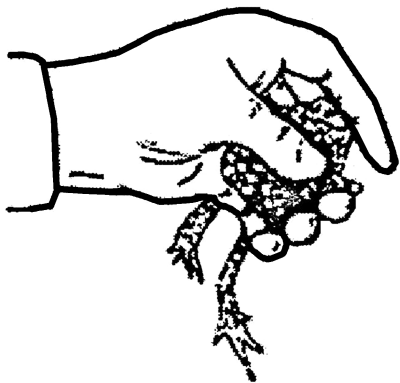


图 1-43 蛙类的提取

(二) 实验动物的固定

1. 家兔的固定

机能学实验中家兔最常用的固定方法是台式固定，适用于颈、胸、腹、股等部位的手术操作。将家兔麻醉后置于兔台上，取仰卧位，四肢分别拉直固定到兔台上，固定位置在前肢腕关节和后肢踝关节，头部用一根棉线绳牵引兔的两只上门齿，稍加牵拉后系在手术台前端的固定钩上，保持头颈部平直，防止头部过仰造成窒息。

2. 鼠类的固定

将鼠麻醉后仰卧位置于解剖台上，四肢及头部固定参照家兔固定方法，此方法常用作

心脏采血、解剖及外科手术等操作，如图 1-44 所示。尾静脉注射或采血时，可利用筒式将鼠放入固定器内，关闭封口，露出尾部，再行静脉穿刺术。

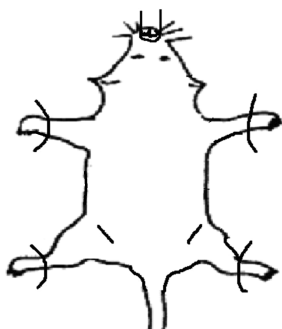


图 1-44 鼠类的固定

3. 蛙类的固定

蛙类被破坏脊髓或麻醉后，根据实验需要可用蛙钉将蛙四肢仰卧位或俯卧位固定在蛙板上，如图 1-45 所示。

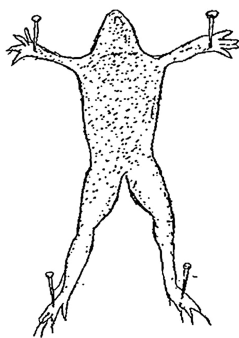


图 1-45 蛙类的固定

六、实验动物的鉴别与编号

(一) 实验动物的鉴别

机能学实验常用的动物中，较大的动物（如家兔），可以从生殖器分辨其性别，而较小的动物（如小白鼠、大白鼠等）的性别鉴别，通常以肛门与生殖孔之间的距离来判断，距离近者为雌性，距离远者为雄性。

(二) 实验动物的编号

药理学实验中常用多只动物同时进行实验，为避免混乱应将动物进行编号。实验动物编号的目的在于将观察范围内的同种动物进行区别，以便于观察。常用的编号方法有染色法、耳缘剪孔法、烙印法和号牌法等，可根据实验目的、动物种类和具备的条件选用，一般编号应具有清晰易辨、简便耐久的特点。较大的动物可用特别的号码牌固定于身上。小白鼠、大白鼠及白色家兔等用络合碘涂于动物不同部位进行染色标记而编号。例如，在小

白鼠右前肢皮肤外侧涂色标记为 1 号，背部右外侧皮肤涂色标记为 2 号，右后肢皮肤外侧涂色标记为 3 号，头部皮肤涂色标记为 4 号，背部正中皮肤标记为 5 号，尾巴根部标记为 6 号，7、8、9 号在左侧同 1、2、3 号，第 10 号为空白。大白鼠的编号与小白鼠相同（见第四篇药理学实验一“机能学实验基本技能训练”）。

七、实验动物常用麻醉方法

（一）吸入麻醉

吸入麻醉是指麻醉药经过呼吸道吸入，产生中枢神经系统抑制，使动物暂时意识丧失而致不感到周身疼痛的麻醉方法。实验中，常用的吸入麻醉剂有乙醚、氟烷、异氟烷等。吸入麻醉是全身麻醉的主要方法，其麻醉深浅与药物在脑组织中的分压有关，吸入麻醉对实验动物的呼吸、血压无明显影响，麻醉速度快，维持时间短，易于控制麻醉的深浅，适合于操作时间短的实验，也可用于凶猛动物的诱导麻醉。吸入麻醉时，将动物置于适当大小的密封的玻璃罩中，在罩内放入浸有麻醉药的棉球或纱布，密切注意动物反应，特别是呼吸变化，直到动物麻醉。当麻醉药从体内排出或在体内代谢后，动物逐渐恢复清醒，且不留任何后遗症。

使用乙醚麻醉时需要注意：乙醚可强烈刺激动物呼吸道黏膜产生大量分泌物，易阻塞呼吸道，因此可在麻醉前 30 min 皮下注射阿托品（0.1 mL/kg），以减少呼吸道黏膜分泌物；乙醚吸入量及速度不易掌握，吸入过多，麻醉过度使动物死亡，故乙醚吸入过程中应密切注意动物反应，动物是否挣扎以及其呼吸变化；乙醚易燃易爆，使用时注意远离火源。

（二）注射麻醉

注射麻醉一般有静脉注射（iv）和腹腔注射（ip）两种方式。

① 静脉注射较适合家兔等静脉穿刺较方便的动物。与吸入麻醉相比，其麻醉深度不易掌握，排出较慢。静脉注射时动物麻醉速度快，可根据动物反应随时调整注射速度和剂量，以准确达到所需麻醉深度，一般应将计算用药量的 1/3 快速注入（但也不宜过快），使动物迅速渡过兴奋期，其余 2/3 应缓慢注射，以防麻醉过度。最佳麻醉深度指标：全身肌肉松弛，呼吸深慢而平稳，瞳孔缩小，角膜反射消失或迟钝等。

② 腹腔注射常用于大、小鼠麻醉，将计算麻醉药剂量一次性注入腹腔，操作简单，但起效慢，麻醉深度不易掌握。

注射麻醉需注意：密切观察动物呼吸、肌张力、角膜反射、疼痛反应，随时改变注药速度；若用麻醉药量已达参考剂量而动物仍呼吸急促，末端肢体疼痛反应明显，可继续缓慢加注麻醉药（但氯醛糖例外，需等候一段时间），直到彻底麻醉，腹腔注射单次加药量不超过总量的 1/5；动物进入麻醉状态后，中枢体温调节受抑制，会出现体温下降，可给动物采取保温措施。

几种常用麻醉剂的参考剂量如表 1-3 所示。

表 1-3 几种常用麻醉剂的参考剂量

药物	动物	给药途径	剂量 (mg/kg)
乙醚	各种动物	吸入	—
20%~25%氨基甲酸 乙酯(乌拉坦)	兔	iv、ip	700~1 000
	蛙、大鼠	ip	1 500~2 000
1%~3%戊 巴比妥钠	兔	iv、ip	25~30
	小鼠、大鼠	ip	40~50
5%硫喷妥钠	兔、大鼠	iv、ip	30~50
10%水合氯醛	大鼠	ip	300
氯-乌合剂 (含氯醛糖 1%，乌拉坦 7%)	兔	iv、ip	5 mL/kg (含氯 50 mg， 乌 350 mg)

(三) 局部麻醉

局部麻醉主要用于要求全身浅麻醉或清醒动物时减轻动物疼痛的实验，麻醉时在手术部位做皮内注射或皮下组织浸润注射局麻药。常用的局部麻醉药有普鲁卡因、利多卡因、丁卡因等。

局部麻醉时因不同部位黏膜组织吸收局麻药物的速度不同，故相同局麻药在不同部位的应用剂量也有所不同，需严格控制用药剂量，以免出现毒性反应；此外每次注射前应先回抽，以免将局麻药注入血管。

八、实验动物给药途径与方法

(一) 经口给药

经口给药有口服和灌胃两种给药方式。

口服给药是把药物混入饲料或溶于饮水中让动物自由摄取。一般适用于对动物疾病防治或某些药物的毒性实验，制作某些与食物有关的人类疾病动物模型。此法优点是简单方便，缺点是计量不能保证准确，且动物个体间服药量差异较大。

急性实验中多采用灌胃法 (ig)。灌胃法是用灌胃器将药物灌到动物胃内，此法剂量准确。灌胃器由注射器和特殊的灌胃针构成。小鼠的灌胃针长 4~5 cm，直径为 1 mm；大鼠的灌胃针长 6~8 cm，直径约 1.2 mm。灌胃针的尖端焊有一小圆金属球，金属球为中空的。焊金属球的目的是防止针头刺入气管或损伤消化道。针头金属球端弯曲成 20°左右的角度，以适应口腔、食道的生理弯曲度走向。

1. 鼠类的灌胃法

用左手固定鼠，右手持灌胃器，将灌胃针从鼠的口腔插入，压迫鼠的头部，使口腔与食道成一直线，将灌胃针沿咽后壁慢慢插入食道，可感到轻微的阻力，此时可略改变一下灌胃针方向，以刺激引起吞咽动作，顺势将药液注入。一般灌胃针插入小鼠深度为 3~

4 cm, 大鼠为 4~6 cm。常用灌胃量小鼠为 0.2~1 mL, 大鼠为 1~4 mL。

2. 家兔的灌胃法

将灌胃管沿家兔上颌壁插入食道, 将灌胃管的外端浸入水中, 如有气泡逸出, 则说明灌胃管误入气管, 需拔出重插。插好后, 将注射器连于灌胃管, 将药液推入。灌胃结束后, 先拔出灌胃管, 再拿出开口器。家兔一次灌胃能耐受的最大容积为 80~100 mL (见第四篇药理学实验一“机能学实验基本技能训练”)。

(二) 注射给药

1. 皮下注射 (sc)

注射时用左手拇指及食指轻轻捏起皮肤, 右手持注射器将针头刺入, 刺入后轻轻摆动针尖, 针尖可左右摆动说明进入皮下, 固定后即可进行注射, 如图 1-46 所示。

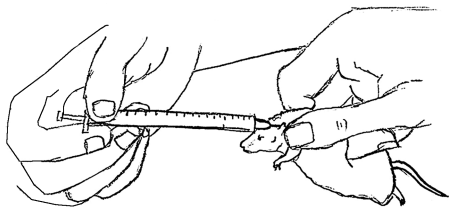


图 1-46 皮下注射

- ①小鼠在背部或前肢腋下注射, 大鼠在背部或侧下腹部注射。
- ②兔在背部或耳根部注射。
- ③蛙可在脊背部淋巴囊注射。

注射完毕, 轻轻按压针刺部位, 以防药液外漏。小鼠一次给药量为 0.1~0.2 mL/10 g 体重, 大鼠为 0.2 mL/100 g 体重, 家兔为 0.1~1.0 mL/kg 体重。

2. 皮内注射 (id)

注射时将动物注射部位的被毛剪去, 消毒后, 用皮试针头紧贴皮肤皮层刺入皮内, 然后使针头向上挑起并再稍刺入, 即可注射药液。注射后可见皮肤表面鼓起一白色小皮丘。此法用于观察皮肤血管的通透性变化或观察皮内反应。如将一定量的放射性同位素溶液、颜料或致炎物质、药物等注入皮内, 观察其消失速度和局部血液循环变化, 作为皮肤血管通透性观察指标之一。

3. 肌肉注射 (im)

肌肉注射常用于给动物注射不溶于水而混悬于油或其他溶剂中的药物时, 一般选用肌肉发达、无大血管经过的部位, 多选臀部。注射时针头要垂直快速刺入肌肉, 若无回血现象即可注射。给大、小鼠做肌肉注射时, 选大腿外侧肌肉进行注射 (见第四篇药理学实验一“机能学实验基本技能训练”)。

4. 腹腔注射 (ip)

将动物固定后, 用酒精棉球擦拭、消毒腹部, 然后在左侧或右侧腹部将针头刺入皮

下，沿皮下向前推进约 0.5 cm，再使针头与皮肤呈 45°角方向穿过腹肌刺入腹腔，此时有落空感，回抽无肠液、尿液后，缓缓推入药液。小鼠一次腹腔注射量为 0.1~0.2 mL/10 g 体重，最大剂量为 1 mL/只；大鼠一次腹腔注射量为 1~2 mL/100 g 体重；家兔一次腹腔注射量为 0.5~1.0 mL/kg 体重。此法多用于小鼠（见第四篇药理学实验一“机能学实验基本技能训练”）。

5. 静脉注射 (iv)

静脉注射是将药液直接注射于静脉管内，使其随着血液分布全身，迅速奏效。但排泄较快，作用时间较短。

(1) 小鼠、大鼠的静脉注射。

常采用尾静脉注射。鼠尾静脉共有 3 根，左、右两侧和背侧各 1 根，两侧尾静脉比较容易固定，故常被采用（见第四篇药理学实验一“机能学实验基本技能训练”）。操作时，先将动物固定在暴露尾部的固定器内（可用烧杯、玻璃钟罩等物品代替）。用 75% 酒精棉球反复擦拭，使血管扩张，并可使表皮角质软化，以左手拇指和食指捏住鼠尾两侧，使静脉充盈，注射时针头尽量采取与尾部平行的角度进针。开始注射时宜少量缓注，若无阻力，表示针头已进入静脉，这时用左手指将针和尾一起固定起来，解除对尾根部的压迫后，便可进行注射。若有白色皮丘出现，说明未穿刺入血管，应重新向尾部方向移动针头再次穿刺。注射完毕后把尾部向注射侧弯曲以止血。如需反复注射，尽量从尾末端开始，一次的注射量为 0.1~0.2 mL/10 g 体重。

(2) 家兔的静脉注射。

家兔耳缘静脉表浅易固定，故一般采用耳缘静脉注射，如图 1-47 所示。注射时注射部位除毛，用 75% 的酒精消毒，手指轻弹兔耳，使静脉充盈，左手食指和中指夹住静脉的近心端，拇指绷紧静脉的远心端，无名指及小指垫于注射部位下方，右手持注射器，尽量从静脉的远端刺入血管，移动拇指于针头上以固定，放开食、中指，将药液注入，然后拔出针头，用手压迫针眼片刻以止血。若推注有较大阻力，局部皮肤肿胀发白，表示针头已经滑出血管，应在穿刺点上方（近心端）重新穿刺；若需多次快速给药，可将头皮针插入并固定。家兔注射量一般为 0.2~2.0 mL/kg 体重。

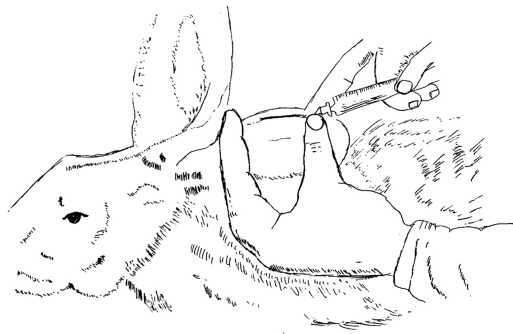


图 1-47 家兔耳缘静脉注射

6. 淋巴囊内注射

蛙类常采用此法，其皮下有数个淋巴囊，注入药物甚易吸收。腹部淋巴囊和头部淋巴囊常作为蛙类给药途径。一般多选用腹部淋巴囊给药。注射时将针头从蛙大腿上端刺入，经大腿肌层入腹壁肌层，再进入腹壁皮下，即进入淋巴囊，然后注入药液。一次注射药量为 0.25~0.5 mL/只。

7. 其他给药方法

(1) 呼吸道给药。

呈粉尘、气体及蒸气或雾等状态的药物或毒气，均需要通过动物呼吸道给药。如实验时给动物乙醚做吸入麻醉，用锯末烟雾制作慢性气管炎动物模型等，在毒理学实验中应用更为广泛。

(2) 皮肤给药。

为了鉴定药物或毒物经皮肤的吸收作用、局部作用、致敏作用和光感作用等，均需采用经皮肤给药方法。如将兔背部一定面积的皮肤脱毛后，将一定的药液涂在皮肤上，药液经皮肤吸收，进行观察。

(3) 脊髓腔内给药。

此法主要用于椎管麻醉或抽取脑脊液。

(4) 脑内给药。

此法常用于微生物学动物实验，将病原体等接种于被检动物脑内，然后观察接种后的各种变化。

九、实验动物采血方法

(一) 大鼠和小鼠采血方法

1. 断尾采血

当所需血量很少时采用本法。固定动物并露出鼠尾，将鼠尾在 45℃ 温水中浸泡数分钟，也可用二甲苯等化学药物涂擦，使局部血管扩张，后将鼠尾擦干，剪去尾尖，血自尾尖流出，让血液滴入器皿或直接用移液器吸取。如需间隔一定时间多次采取鼠尾尖端血液，每次采血时，将鼠尾剪去很小一段，取血后，先用棉球压迫止血并立即用 6% 液体火棉胶涂于尾巴伤口处，使伤口外结一层火棉胶薄膜，保护伤口。也可采用切割尾静脉的方法采血，3 根尾静脉可交替切割，并自尾尖向尾根方向切割，每次可取 0.2~0.3 mL 血，切割后用棉球压迫止血。这种采血方法在大鼠上进行较好，可以在较长的间隔时间里连续取血，进行血常规检查。

2. 眼眶后静脉丛采血

当需要中等量的血液，又需避免动物死亡时采用此法。用左手固定鼠，捏紧头部皮肤，使头固定，并轻轻向下压迫颈部两侧，引起头部静脉血液回流困难，使眼球充分外突（可见眼眶后静脉丛充血）。右手持毛细玻璃管，沿内眦眼眶后壁向喉头方向旋转刺入。刺

入深度小鼠 2~3 mm,大鼠 4~5 mm。当感到有阻力时再稍后退,保持水平位,稍加吸引,由于血压的关系,血液即流入玻璃管中。得到所需的血量后,拔出毛细管。

3. 心脏采血

把动物仰卧固定在固定板上,剪去心前区部位的被毛,用碘酒、酒精消毒皮肤。在左侧第 3~4 肋间,左手食指摸到心尖搏动处,右手取连有 4~5 号针头的注射器,选择心搏最强处穿刺,当针刺入心脏时,血液由于心脏跳动的力量自动进入注射器。此法要点:要迅速而直接插入心脏,否则,心脏将从针尖处滑脱;若第一次没刺准,将针头抽出重刺,不要在心脏周围乱探,以免损伤心、肺;要缓慢而稳定的抽吸,否则,太多的真空反而使心脏塌陷。若不需保留动物生命,也可麻醉后切开动物胸部,将注射器直接刺入心脏抽吸血液。

(二) 家兔采血方法

1. 耳缘静脉采血

选好耳缘静脉,拔去被毛,用二甲苯或酒精涂擦局部,用小血管夹夹紧耳根部,使血管充血扩张,持粗针头从耳尖部血管逆回流方向刺入静脉内采血,或用刀片切开静脉,使血液自动流出,采血后用棉球压迫止血,采血量为 2~3 mL。压住侧支静脉,血液更容易流出,采血前耳缘部涂擦液体石蜡,可防止血液凝固。

2. 耳中央动脉采血

将家兔置于兔固定箱或由助手固定家兔,剪去相应部位被毛,用手轻弹或用酒精涂擦耳中央动脉部位,使其充分扩张,随后持注射器刺入耳中央动脉抽取动脉血样,一次性采血时也可用刀片切一小口,让血液自然流出,收取血样。采血后用棉球压迫局部以止血。

3. 股动脉采血

将家兔仰卧位固定,采血者左手以动脉搏动为标志,确定穿刺部位,右手将注射器针头刺入股动脉,若流出血液为鲜红色,表示穿刺成功,应迅速采血、拔出针头、压迫止血。

4. 心脏穿刺采血

采血者将家兔固定于兔台上,或由助手将家兔以站立位固定,剪去胸部被毛,常规消毒。采血者在胸骨左侧 3~4 肋间摸到心尖搏动,在心搏最明显处做穿刺点;右手持注射器,将针头插入肋间隙,在左手触摸到心跳的配合下,垂直刺入心脏,当持针手感受到心脏搏动时,再稍刺入即到达心腔。每次抽血量为 20~25 mL。针头宜直入直出,不可在胸腔内左右探索。拔针后用棉球压迫止血。

注意:需要抗凝血样时,应事先在注射器或毛细管内加入适量抗凝剂。

十、实验动物的处死方法

(一) 颈椎脱臼处死法

颈椎脱臼处死法是将实验动物的颈椎脱臼,断离脊髓致死,为大、小鼠最常用的处死

方法。操作时实验人员用右手抓住鼠尾根部并将其提起，放在鼠笼盖或其他粗糙面上，用左手拇指、食指用力向下按压鼠头及颈部，右手抓住鼠尾根部用力拉向后上方，造成颈椎脱臼，脊髓与脑干断离，实验动物立即死亡（见第四篇药理学实验一“机能学实验基本技能训练”）。

（二）断头处死法

断头处死法适用于鼠类等较小的实验动物。操作时，实验人员用左手按住实验动物的背部，拇指夹住实验动物右腋窝，食指和中指夹住左前肢，右手用剪刀在鼠颈部垂直将鼠头剪断，使实验动物因脑脊髓断离且大量出血死亡。

（三）击打头盖骨处死法

击打头盖骨处死法主要用于家兔的处死。操作时抓住动物尾部并提起，用木槌等硬物猛烈击打实验动物头部，使大脑中枢遭到破坏，实验动物痉挛并死亡。

（四）放血处死法

放血处死法适用于各种实验动物。具体做法是将实验动物的股动脉、颈动脉、腹主动脉剪断或剪破、刺穿实验动物的心脏放血，导致急性大出血、休克、死亡。操作时用自来水不断冲洗切口及血液，既可保持血液畅流无阻，又可保持操作台清洁，使实验动物急性大出血死亡。

（五）空气栓塞处死法

处死家兔常用此法。向实验动物静脉内注入一定量的空气，形成肺动脉或冠状动脉空气栓塞，或导致心腔内充满气泡，心脏收缩时气泡变小，心脏舒张时气泡变大，从而影响回心血流量和心输出量，引起循环障碍、休克、死亡。空气栓塞处死法注入的空气量，家兔为20~50 mL。

（六）过量麻醉处死法

过量麻醉处死法多用于处死家兔。快速过量注射非挥发性麻醉药（投药量为深麻醉时的30倍），或让动物吸入过量的乙醚，使实验动物中枢神经经过过度抑制，导致死亡。

（七）毁髓处死法

毁髓处死法是用金属探针经枕骨大孔破坏脑脊髓，常用于处死蛙类。

注意：急性动物实验结束后，应立即将动物处死，以减少动物的痛苦。无论采用哪一种方法，都应本着人道主义精神去善待动物，禁止虐待动物。

十一、常用基本操作技术

学习实验动物的提取、固定、麻醉、给药、采血、处死等方法以及各种插管技术，预习实验动物基本操作的流程。

（一）备皮

固定动物时充分暴露手术部位，用弯剪或剃毛器剪去手术部位被毛，暴露皮肤，备皮

范围视手术视野大小而定，一般应大于切口长度。为避免剪伤皮肤，弯剪需紧贴皮肤，逆着毛的生长方向剪毛。剪毛后用湿纱布擦拭局部，清除残留被毛。

(二) 切口

根据实验要求确定皮肤切口的位置和大小，切口大小应便于深部手术操作，但不宜过大。如需要显露颈总动脉、迷走神经，应在颈前正中线切口，长度为 5~7 cm。

(三) 神经、血管分离

应按照“先辨认后分离；先分离神经，后分离血管；先分离较细神经，后分离较粗神经”的原则进行。分离家兔等较细的神经、血管时，宜用玻璃分针完成。

(四) 插管技术

常用的有气管插管、颈总动脉插管、颈外静脉插管、股动脉和股静脉插管、输尿管和膀胱插管、胆总管和胰管插管、左心室插管等。

(五) 操作意外处理

1. 麻醉过度

可用双手抓握动物胸腹部，使其呼气，然后快速放开，使其吸气，频率约 1 次/s，也可同时夹捏动物肢体末端部位，促进呼吸恢复。如果心跳停止，还应做心脏按压，即用拇指、食指、中指挤压心脏部位，用机械刺激或挤压使心脏复跳。

2. 大出血

应尽快用纱布压迫出血部位并吸去创面血液，然后去除纱布，找到出血部位，用止血钳夹住出血血管及周围少量组织，用丝线结扎出血点。

3. 窒息

由于麻醉致咽部肌肉松弛且未做气管插管导致的窒息，可将动物舌头向一侧拉出，多可缓解。由于气管插管扭曲，其斜面贴于气管壁造成的气道阻塞，可将气管插管旋转 180°，即可缓解。由于气管分泌物过多造成的气道阻塞，常伴有痰鸣音，易于判断，可通过气管插管将一细塑料管插入气管，用注射器将分泌物吸出，必要时可拔出气管插管，吸出分泌物后再重新插入。

(杨桂姣 宋 皓 兰 婧)