

全国高等学校配套教材

供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

生理学 实验教程

主 编 李玉荣

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

第四版 主编 王德明 副主编 王德明 王德明 王德明

生理学 实验教程

王德明 主编

人民卫生出版社

全国高等学校配套教材
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

生理学实验教程

主 编 李玉荣

副主编 金宏波 曹银祥

编 委 (以姓氏笔画为序)

王卫国 (天津医科大学)

张建福 (徐州医学院)

朱大年 (复旦大学上海医学院)

林默君 (福建医科大学)

刘长金 (华中科技大学同济医学院)

罗自强 (中南大学湘雅医学院)

杜友爱 (温州医学院)

郑 煜 (四川大学华西医学中心)

李玉荣 (哈尔滨医科大学)

曹 宇 (中国医科大学)

吴博威 (山西医科大学)

樊小力 (西安交通大学医学院)

沈霖霖 (复旦大学上海医学院)

编 者 (以姓氏笔画为序)

于 航 王 玲 王 涛 王卫国 曲丽辉 朱大年 乔伟丽

刘长金 许建平 杜友爱 李 爱 李玉荣 李亘松 杨永滨

吴博威 沈霖霖 张 宇 张 莉 张小军 张建福 张亮品

林默君 罗自强 金宏波 周 玲 郑 煜 胡新武 贾淑伟

曹 宇 曹永刚 曹银祥 龚永生 樊小力

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学实验教程/李玉荣主编. —北京: 人民卫生出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-117-11562-9

I. 生… II. 李… III. 生理学—实验—医学院校—教材
IV. Q4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 127830 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.hrhexam.com	执业护士、执业医师、 卫生资格考试培训

生理学实验教程

主 编: 李玉荣

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11.75

字 数: 271 千字

版 次: 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-11562-9/R · 11563

定 价: 20.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

前 言

生理学实验是基础医学教育的重要组成部分,生理学实验技术已广泛应用于生命科学各个领域和医学研究中。生理学实验是以培养学生基本技能为出发点,以提高学生综合素质、培养学生科学思维和解决问题能力、发扬团结协作精神为教学宗旨,注重学生主动获取知识及设计实验能力的培养,为后继学科与临床工作打下扎实的基础。

本书为卫生部规划教材生理学(第7版)的配套教材。在编写过程中,结合各院校多年来的生理学实验教学改革实践,增加了很多新的实验内容。同时,也保留了一些经典的实验项目,目的是使学生通过这些基本技能实验,掌握生理学实验的基本技术,熟悉仪器设备使用方法,培养学生的动手能力;本书还进一步充实了各系统的综合性实验内容,通过这些实验使学生掌握各种实验动物模型的制备,促进学生对知识的融会贯通;为调动学生主动获取知识的积极性,充分发掘学生创造性思维能力,本书在探索性实验的实验设计内容做了较详细的叙述。本书可供临床、基础、预防、护理、口腔及药学等专业的本科生使用,各院校可根据实际情况选用相关内容,也可供长学制医学生、研究生及青年教师参考。

在本教材编写过程中,得到各参编单位相关教研室的大力支持;但由于各校仪器设备水平差异,参编的教师较多,加之编写时间仓促,不足之处在所难免,希望使用本教材的同仁不吝赐教,也希望学生随时提出意见,以便在本教材再版时加以改进,使之不断完善。

李玉荣

二〇〇九年四月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生理学实验的基本目的和要求	1
一、生理学实验的教学目的、内容和要求	1
二、实验资料的收集与记录	3
三、实验报告的书写	3
四、实验考核	4
第二节 常用实验仪器及使用	5
一、生物信号采集处理系统	5
二、BI-2000 医学图像分析系统	12
三、心电图机	14
四、电磁血流量计	16
五、血气分析仪	17
六、半自动生化分析仪	19
七、分光光度计	20
八、膜片钳放大器及膜片钳技术	21
九、脑立体定位仪及脑立体定位技术	25
十、HX-200 型动物人工呼吸机	28
十一、记录电极和换能器	29
第三节 常用手术器械及手术方法	33
一、动物实验常用手术器械及使用	33
二、动物实验的常用手术方法	36
第四节 常用试剂、药物剂量的换算和配制	37
一、常用生理盐溶液的成分及配制	37
二、常用抗凝剂的浓度	38
三、药物剂量的换算和配制	39
第五节 常用实验动物和动物实验基本知识	40

一、常用实验动物种类及选择	40
二、常用动物的捉持法、给药法、取血法	41
三、常用注射麻醉方法及异常情况的急救	45
第六节 实验数据统计与分析方法	46
一、计量资料的统计方法	46
二、计数资料的统计方法	49
三、回归与相关	50
第二章 细胞的基本功能实验	52
实验 1 不同刺激强度和频率对骨骼肌收缩的影响	52
实验 2 神经干动作电位引导、兴奋传导速度及不应期的测定	55
实验 3 神经肌肉接头终板电位的观察	57
实验 4 骨骼肌兴奋-收缩耦联及脱耦联	59
实验 5 蟾蜍背根电位的记录	60
第三章 血液实验	61
实验 1 红细胞比容的测定	61
实验 2 红细胞沉降率的测定	62
实验 3 出血时间和凝血时间的测定	64
实验 4 红细胞渗透脆性实验	64
实验 5 影响血液凝固的因素	66
实验 6 ABO 血型及交叉配血实验	68
第四章 循环系统实验	72
实验 1 蛙心起搏点的观察	72
实验 2 期前收缩和代偿性间歇	74
实验 3 蛙容积导体的心电描记	75
实验 4 在体蛙心室肌细胞动作电位的观察	76
实验 5 离体蛙心脏灌流	78
实验 6 人体心音听诊、血压测定及心电图描记	80
实验 7 兔减压神经放电	84
实验 8 心血管运动的神经体液调节	86
实验 9 家兔心室内压和室内压变化速率的测定	88
实验 10 兔中心静脉压测定	90
实验 11 药物对兔血压的影响及其受体机制分析	91
实验 12 大鼠主动脉血管环张力变化的检测	93
第五章 呼吸系统实验	96
实验 1 人体肺通气功能的测定	96
实验 2 胸膜腔内负压和气胸的观察	97
实验 3 兔离体肺顺应性的测定	99

实验 4 兔膈神经放电的观察	100
实验 5 兔呼吸运动的调节	101
实验 6 药物对豚鼠离体气管平滑肌的作用	103
第六章 消化系统实验	105
实验 1 消化道平滑肌的生理特性	105
实验 2 大鼠应激性胃溃疡	107
实验 3 兔胃肠道运动的观察	108
实验 4 兔小肠平滑肌基本电节律的观察	109
实验 5 影响大鼠胃液分泌的因素	111
实验 6 胰液和胆汁分泌的调节	113
第七章 能量代谢和体温实验	115
实验 1 人体基础代谢率的测定	115
实验 2 人体体温的测量	118
实验 3 人体皮肤温度的测量	119
实验 4 兔发热模型的建立与阿司匹林的解热作用	120
实验 5 氯丙嗪对体温的调节作用	121
第八章 泌尿系统实验	123
实验 1 尿生成的影响因素	123
实验 2 呋塞米对家兔的利尿作用	125
实验 3 水肿的形成与利尿药的作用	127
第九章 感觉器官实验	129
实验 1 人体视野和盲点的测定	129
实验 2 视敏度和视觉深度的测定	132
实验 3 眼的调节反射及瞳孔对光反射	134
实验 4 色盲的测定	135
实验 5 视网膜电图的描记	136
实验 6 声波的传导途径	138
实验 7 豚鼠耳蜗微音器效应	139
实验 8 破坏动物一侧迷路的效应	141
实验 9 人体前庭功能简易检查法	142
第十章 神经系统实验	144
实验 1 反射弧的分析	144
实验 2 脊髓半离断动物的观察	145
实验 3 去小脑动物的观察	146
实验 4 去大脑僵直	147
实验 5 大脑皮层运动功能定位	149
实验 6 大鼠自发脑电活动及癫痫时脑电分析	150

实验 7	家兔皮层诱发电位及吗啡对其影响	152
实验 8	细胞外微电极技术记录尾核神经元单位放电	154
实验 9	海马脑片锥体神经细胞离子通道电流的记录	155
实验 10	大鼠海马神经细胞钠通道电流的记录	157
实验 11	大鼠学习记忆功能与年龄关系的观察	159
实验 12	地西泮对小鼠自主活动的影响	160
第十一章	内分泌系统实验	161
实验 1	摘除垂体对机体的影响	161
实验 2	小鼠肾上腺摘除及应激实验	162
实验 3	糖皮质激素的抗炎作用	164
实验 4	胰岛素的降血糖作用	164
实验 5	胰岛素过量反应及解救	165
第十二章	生殖系统实验	167
实验 1	大、小白鼠性周期的观察	167
实验 2	妊娠实验	169
实验 3	人绒毛膜促性腺激素放射免疫测定	170
实验 4	缩宫素对离体子宫平滑肌的作用	172
第十三章	实验设计与实施	174
第一节	实验设计的原则	174
一、	实验设计选题原则	174
二、	实验设计基本要素及原则	175
第二节	设计性实验的实施	177
一、	选题与设计	177
二、	实验研究	178
三、	撰写论文与答辩	178

第一章

绪 论

第一节 生理学实验的基本目的和要求

医学科学是实践性和应用性较强的科学。医学的实验教学和理论教学是医学教育中相辅相成、不可分割的两个部分。生理学是一门实验性科学，生理学的知识主要是通过实验获得的，因此，生理学实验教学在医学教育中具有举足轻重的地位和重要意义。

一、生理学实验的教学目的、内容和要求

（一）生理学实验的教学目的

生理学实验教学是实现医学人才培养目标的重要教学环节之一，其教学质量好坏直接关系到医学人才培养目标的实现，以及学生创新意识、科学精神和实践能力的培养。生理学实验的教学目的是使学生通过实验课程的实践，进一步掌握与机体功能相关的基本知识、基本理论和基本技能，培养发现问题、分析问题、解决问题的能力 and 严谨求实的科学态度，培养综合运用知识的能力，培养开展科学研究的基本素质和创新能力，为深入学习临床医学和其他医学课程打下良好、坚实的理论与实践基础。

（二）生理学实验的教学内容

生理学实验主要内容包括：①生理学实验常用仪器的基本原理及使用方法；②实验动物的选择及手术；③实验基本操作技术；④实验常用溶液的配制；⑤各系统基础性实验、综合性实验与探索设计性实验；⑥实验数据处理及实验报告的书写，等等。

动物实验是生理学实验的主要内容。按实验时间的长短，动物实验可分为慢性实验与急性实验两大类。急性实验一般只观察几个小时，最多一两天；慢性实验则可长达几个星期、几个月或更长时间。

1. 慢性实验 慢性实验（chronic experiment）是在无菌条件下对健康动物进行手术，并在不损害动物机体完整性的前提下暴露、摘除、破坏及移植所要研究的器官，然后尽可能在接近正常的生活条件下，观察它们的功能或功能紊乱等。由于这种动物可以在较长时间内用于实验，故此方法称为慢性实验。慢性实验方法的特点是保

存了各器官的自然联系和相互作用,便于观察某一器官在正常情况下的生理功能及其与整体的关系。例如,巴甫洛夫创造的巴氏小胃,是用来研究神经系统对胃液调节的经典实验。

2. 急性实验 急性实验 (acute experiment) 可分为在体 (in vivo) 实验与离体 (in vitro) 实验。

在体实验是在麻醉状态下,对动物施行手术后,暴露某个或几个器官,然后进行实验观察。此方法的优点是实验简单,条件易于控制,有利于观察器官间的相互关系和分析某一器官活动的过程和特点。例如,观察迷走神经对心脏活动的作用时,可暴露动物颈部迷走神经并开胸暴露心脏,用电刺激迷走神经,观察、记录心脏的活动,或观察药物对迷走神经及心脏的作用。同样,观察某些药物对血流动力学影响时,可直接将导管插入心脏或血管记录其变化等。

离体实验是从动物体内取出某一器官、组织或分离某种细胞,置于适宜的人工环境下使其在短时间内保持生理功能,观察它们的功能活动及影响因素。这种方法有利于排除无关因素的影响,在特定的条件下,观察离体器官、组织或细胞的基本生理特性。例如,为观察心脏的生理特性和药物对其的影响,可取动物的离体心脏或部分心肌为材料;当观察神经本身的生物电活动时,可取动物离体神经,放置于适当的环境记录其生物电现象;研究也常用细胞分离和培养技术进一步观察细胞各种微细结构的功能和细胞内物质分子的各种物理化学变化,以阐明生命活动的基本规律及疾病和药物对生命活动的影响。

此外,还有许多实验研究方法,例如,膜片钳、脑片培养、多普勒超声、体外细胞培养、放射免疫、PCR、凝胶电泳、Southern Blot、Northern Blot、Western 印迹法、原位杂交等也逐步应用于生理学实验教学中。

应当注意的是,急性实验、慢性实验和无创伤性实验等所得的结果是有差别的。在解释实验结果时,不能将特定条件下所获得的资料推演为普遍规律;同时也应充分考虑人与动物之间的差异,不可简单地将动物实验结果完全应用于人体。

(三) 生理学实验的教学要求

1. 实验前:仔细阅读实验教材,复习相关理论知识,了解实验目的、原理;充分理解实验方法和操作步骤;预测实验结果,以及实验中可能出现的问题;设计好实验结果记录方式等。

2. 实验中:清点所用实验器材和用品,检查并正确安装和连接实验设备;正确捉拿实验动物和使用标本,准确计算所用药量;按照实验步骤认真操作,仔细地观察实验过程中所出现的现象,准确、及时、客观地记录实验结果,不要在实验后凭记忆补记实验结果,以免发生错误或遗漏;根据相关的理论知识,分析实验结果及其意义;尽力找出非预期结果的原因;实验过程中要注意爱护公共财物,节约实验材料。

3. 实验后:整理实验器材,将所需清洁的器械擦洗干净,按实验前的布置整理安放好;正确处死动物,将动物尸体及其他废物放到指定地点,做好实验室卫生,注意门、窗、水、电安全。整理实验记录和结果,进行分析讨论。认真撰写实验报告,做到文字通顺、精练,书写清楚,客观地填写和叙述实验结果与分析,按时上交实验指导教师评阅。

二、实验资料的收集与记录

(一) 实验资料的收集

在实验过程中,要采用科学严密的实验观察方法,准确、客观、全面地收集实验资料。为保证实验的可靠性,首先应从实验药品、实验试剂的配制,实验动物的准备和观察指标的确定等方面严格控制实验误差,努力养成认真准备、仔细观察、及时记录、积极思考、大胆质疑的科学作风和良好的习惯。

实验中应详细进行收集和记录的资料包括:①实验人员;②实验名称;③实验动物一般情况;④实验药物与试剂情况;⑤实验仪器设备情况;⑥实验环境因素;⑦实验步骤、实验方法;⑧实验过程中各项观察指标(实验数据)的详细记录;⑨实验的结论与分析。

(二) 实验资料的整理

实验中得到的记录结果为原始资料。原始资料包括各种描记曲线、计量资料(如血压值、心率、呼吸频率、体温数值、尿量、生化测定数据、血气测定结果等)、计数资料(阳性反应或阴性反应数、动物死亡或存活数)、心电图、脑电图、肌电图和某些现象的照片或文字描述记录等。

实验结束后,应对原始记录进行及时的整理和分析。实验结果如果以曲线、图形等记录在实验仪器上的,可通过打印机打印出来,附在实验报告上。某些实验数据需经过统计学处理后,以表格或统计图形式表示。用表或图表达实验结果时,均应有表题和图题,并在图中标注说明,必要时添加“表注”或“图注”。

三、实验报告的书写

(一) 实验报告的含义及其重要性

实验报告(experimental report)是将实验的目的、方法、结果等内容如实地记录下来,经过整理而写出的书面报告,是完成一项实验后的全面总结,可使学生对实验过程中获得的理论知识和操作技能进行全面总结,将感性认识提高到理性认识。一份实验报告的质量可以体现出实验者的实际工作能力。一份好的实验报告应记述明确的实验目的、可靠的实验方法、取得的结果和对实验结果进行分析综合得出的正确结论。同时,还应指出尚未解决的问题和实验尚需注意的事项。

书写实验报告的过程是学生学习用所学的基本理论对实验结果进行分析综合,经过逻辑思维上升为理论的过程,也是锻炼学生科学思维,独立分析和解决问题,准确地进行科学表达的过程。因此,实验报告的书写能使学生在专业知识、自学能力、思维能力、研究能力、表达能力和科学态度等方面都得到培养和提高。

(二) 实验报告的书写格式

实验报告要求结构完整、文字简练、条理清楚,并注意科学性和逻辑性。其格式内容包括:①姓名、班级、组别、日期、同组者;②实验名称;③实验目的和原理;④实验对象;⑤实验器材与药品;⑥实验方法与步骤;⑦实验结果;⑧讨论与结论等。

(三) 实验报告的主要内容

1. 实验名称 即实验报告的题目(name)。力求具体、确切、简练概括实验

内容。

2. 实验目的和原理 实验目的 (objective) 是说明通过实验要学习和掌握的相关理论, 应掌握的实验方法和技术, 所要达到的预期结果等。实验原理是指所设计的实验方案的可行性理论依据。根据不同的实验, 可用简短的文字叙述, 也可用计算公式、化学反应式等方式表达。

3. 实验方法与器材 实验方法与器材 (materials and methods) 是指实验所使用的对象、器材、方法和实验操作程序等。

(1) 实验对象、器材和药品 各种仪器设备名称; 药品或试剂名称; 动物名称、种系、品系、选择标准与动物特征 (如性别、年龄、身长、体重、健康状况等)。

(2) 实验方法与步骤 包括观察指标、手术 (标本制备) 过程、记录手段和方法, 以及实验所使用装置、实验条件等。书写时, 要按实验时实际操作和具体情况, 真实而详细地记录, 以反映实验进行的实际过程, 并使他人能清楚地了解实验过程。其表达形式可采用文字按序号描述, 也可列表、绘制箭头图或流程图等来表述。要求完整、客观、具体、简练、清楚地表达。

4. 实验结果 实验结果 (results) 是指实验对象经过实验过程后得到的结果, 是实验结论的依据, 也是整个实验报告最重要的部分。其内容包括:

(1) 实验过程中所观察到的各种现象, 包括记录的定性或定量结果, 动态变化过程和最终结果。

(2) 实验所测得的原始数据、图像, 包括实验数据的计算过程、公式和单位。统计学处理的结果, 要说明其处理过程和方法。

实验结果的表达方式, 可按不同类型的实验结果选用不同的表达方法。数据结果可用图表来表示, 图表均应有编号。凡以曲线记录实验结果时, 应注明纵横坐标的名称和单位。定性实验结果, 可用“—”、“±”、“+”、“++”、“+++”、“>”或“<”等表示。凡属计量资料和计数资料, 应以正确单位和数值作定量的表达, 不能笼统地记录。

只有认真观察、准确记录, 严格按照操作步骤认真操作, 才能得出可靠的实验结果。切忌用理论推导结果代替实验, 特别是实验结果与相关理论不一致时, 更要仔细观察、认真分析、寻找原因。绝不可伪造或更改实验数据。为了避免发生错误和遗漏, 必须根据实验观察的记录加以整理, 随后写出实验结果。

5. 讨论与结论 讨论 (discussion) 是根据实验所观察的现象与结果, 联系理论知识, 对实验结果进行分析和解释。讨论的内容主要包括: 阐明由实验结果说明有关的理论和概念; 指出实验结果或结论的意义; 分析实验中的失误、误差或总结实验成功的经验和体会; 指出需要进一步探讨的问题, 对实验的改进意见或建议等。结论 (conclusion) 是本实验所发现或所能证明的问题。结论要求证据充分, 简单明了。

四、实验考核

生理学实验根据预习、实验操作、实验报告和实验操作考试等情况进行考核, 实验课分数与实验操作考试成绩总和为实验课总成绩。

(金宏波 李玉荣)

第二节 常用实验仪器及使用

生理学实验所使用的仪器种类较多,按功能大致可分为刺激、信号采集、信号调理、信号显示、信号记录、信号处理以及生命维持等类型。

在生理学实验中,往往需要给予机体某种刺激,以研究机体的整体功能和器官、组织、细胞的局部功能。光、声、电、磁、温度、机械及化学物质等均可作为刺激因素,这些物理、化学刺激因素作用于对其敏感的可兴奋组织,在刺激强度达到兴奋阈值时,便能产生相应的生理反应。刺激类仪器品种很多,生理学实验中应用最多的是电子刺激器。

生物信号(biological signals)种类繁多,一般可分为两类:一类为电信号,如心电、脑电、肌电等;一类为非电信号,如血压、腔内压、心音、肌张力、体温、肢体活动和脏器舒缩等。采集电信号可采用引导电极,常用的有金属电极和玻璃微电极;当生物信号为非电信号时,可通过换能器将其转换成电信号。在使用高阻抗的引导电极(如玻璃微电极)时,需要高输入阻抗的耦合放大器来实现阻抗变换;某些换能器也需要特定的耦合放大器来实现信号形式的转换。电极、换能器和相匹配的耦合放大器组成了信号采集系统。

信号调理类仪器包括各种用途的放大器,根据实验需要使用单种放大器或使用多个放大器串联。信号调理类仪器的作用是放大信号的幅度并改善信号的质量,便于信号的观察、记录和分析。由于生物电信号通常比较微弱,信号源内阻大,易受内外各种因素的干扰,因而要求放大器具备高增益、高输入阻抗、高共模抑制比、低噪声和低漂移等技术指标。

传统的信号显示与记录类仪器有:记纹鼓、示波器、记录仪、磁带机和照相机等。信号处理类仪器主要有:微分器、积分器、频率计数器、叠加仪等。目前,传统的信号显示与记录类仪器以及信号处理类仪器大多被计算机所代替。

在生理学实验中,为保证机体或离体组织内、外环境的恒定,需要使用生命保障类仪器,如:动物人工呼吸机、恒温槽、离体灌流装置、Langendorff心脏离体灌流装置和神经屏蔽盒等。

一、生物信号采集处理系统

随着计算机技术的高速发展,由计算机、A/D-D/A接口、适配器、应用软件等构成的生物信号采集处理系统正在取代示波器、记录仪、积分仪、叠加仪等仪器而成为生理学实验的主要工具。目前国内用于实验教学的生物信号采集处理系统少部分由国外进口,大部分为国产。综观国内使用的生物信号采集处理系统,虽然各种型号的仪器在硬件结构和软件功能上存在较大差别,但遵循的设计原则和仪器的基本功能是一致的。

下面就生物信号采集处理系统硬件的基本结构和软件的常用功能做一些综合性的简要介绍。

(一) 生物信号采集处理系统的结构

典型的生物信号采集处理系统的结构如图 1-1 所示。

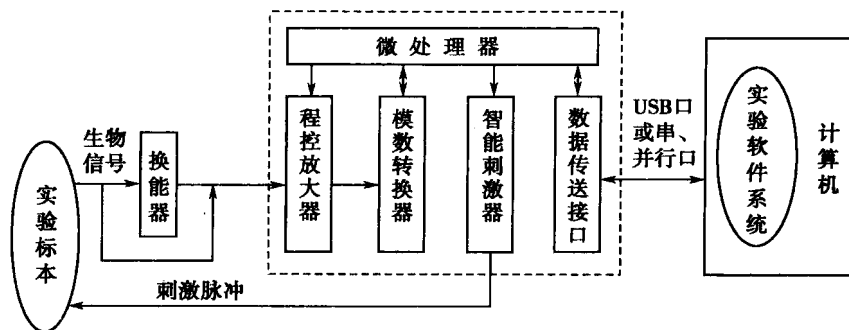


图 1-1 生物信号采集处理系统结构框图

从生物信号采集处理系统结构框图可见，生物信号采集处理系统由硬件与软件两大部分组成。硬件主要包括计算机和由微处理器、程控放大器、模数转换器、智能刺激器等组成的信号处理仪两部分。主要完成对各种生物电信号与非电生物信号（由换能器转换为电信号）的放大、滤波和电平适配，进而对信号进行模/数（A/D）转换，转换得到的数字量通过通讯接口输入计算机。软件主要完成对系统硬件的控制和对采集的数字信号进行存储、显示、测量、处理、分析及结果输出。

目前流行的生物信号采集处理系统在数据通讯方式上较多地应用打印机接口或 USB 接口，应用 ISA、PCI 总线和串行口的较少。打印机接口大多采用 EPP 通讯方式，而 USB 接口大多采用 2.0 通讯协议。

(二) 生物信号采集处理系统的主要技术指标

1. 信号通道数 常用的有 4 通道和 8 通道，也有 16 通道乃至数十通道的。
2. 模/数转换器分辨率 8 位、12 位或 16 位，8 位芯片目前已较少应用。单路采样率可达 100kHz~1MHz。
3. 程控放大器的主要技术指标包括：
 - (1) 输入阻抗：大于 10MΩ。
 - (2) 噪声：小于 50μV。
 - (3) 输入：耦合方式分交流、直流两种；输入方式分单极输入和差分输入两种。有些仪器具有极性反向功能。在应用于人体的信号采集处理系统中，为保证被试者的安全，放大器与信号源之间往往采用光电隔离。
 - (4) 增益：1 至数千倍（也有上万倍乃至数万倍的），分成若干档。
 - (5) 时间常数：一般为 DC~0.001s，分成若干档。
 - (6) 低通滤波：一般为 30Hz~50kHz，分成若干档。

(三) 实验软件使用

实验软件可用不同的计算机语言编写，目前以采用 C 语言和汇编语言混合编程的较多，常用的 C 语言编程工具为 Microsoft Visual C++。

实验软件界面可为单窗口和多窗口两种。采用单窗口方式时，显示的页面通过菜单或快捷工具按钮切换；采用多窗口方式时，主窗口内包含若干个子窗口，子窗口的

功能和显示内容由程序默认（如信号采集窗口、原始信号浏览窗口）或由用户在新建窗口时定义。为便于将数据传送到其他应用程序（如：Word、Excel、画板等），实验软件常采用“嵌入”技术，把其他应用程序包含到自己的窗口内，使操作更为便捷。

1. 实验软件界面 常见的实验软件界面如图 1-2 所示。

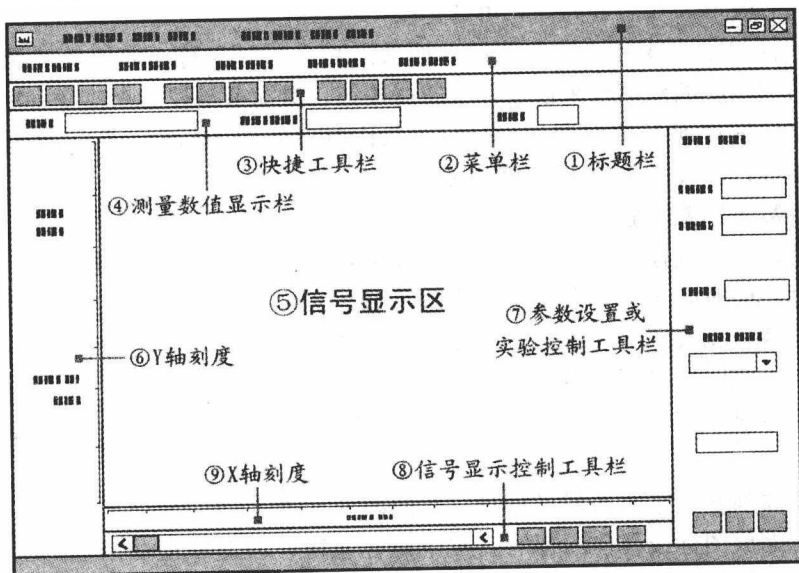


图 1-2 实验软件界面示例

(1) 标题栏：显示程序名称、实验名称、存盘文件路径及数据文件名，并显示系统菜单及“最小化”、“最大化”、“关闭”等窗体控制按钮。

(2) 菜单栏：用于选择操作功能。主菜单通常包含如下项目：

- ① 文件：包括数据文件和实验配置文件的新建、打开、存盘、打印以及程序退出等。
- ② 编辑：包括对信号图形的剪切、拷贝、粘贴等。
- ③ 视图：对界面上的工具条、操作对话框和某些可视区选择显示或隐藏。
- ④ 设置：选择或自定义与程序运行及程序操作有关的参数。
- ⑤ 实验项目：选择已有的实验项目。
- ⑥ 数据处理：包括对信号的常用处理功能，如数字滤波、触发叠加、微积分、直方图、相关分析、曲线拟合和 FFT 运算等。
- ⑦ 数据输出：包括数据生成文本文件、界面生成图像文件、处理结果传送到 EXCEL 等。
- ⑧ 窗口：在多窗口方式时，提供一些有关窗口的操作功能，如新建窗口、关闭窗口、排列窗口等。
- ⑨ 帮助：包括帮助，版权信息等。

(3) 快捷工具栏：提供最常用的快捷工具按钮，功能与相对应的菜单项目一致。当鼠标箭头移到该按钮时，在鼠标旁显示文字框以提示该按钮的功能，单击鼠标左

键,即可进入相应操作。

(4) 测量数据显示栏:在信号采集功能时用以添加、编辑实验标记;在信号处理功能时,用以显示信号的有关特征值,如:信号最小值、最大值、平均值、变化率和时程等。

(5) 信号显示区:在信号采集功能时,动态显示信号波形;在信号处理功能时,静态显示信号波形。在后者界面,可选定某一区段作进一步分析处理。

(6) Y轴刻度:显示Y轴的注释(如通道号,信号名称、单位等)和标尺。标尺的范围通过相应的对话框来设置,或通过按钮、滑动条等控件来改变。更为简捷的方法是:把鼠标移到Y标尺旁,当显示缩放图标或移位图标时,按下鼠标左键,再上下拖动鼠标以实现Y标尺的缩放和零点移位。

(7) 参数设置或实验控制工具栏:在信号采集功能时,显示实验控制对话框。实验控制对话框包含程控放大器控制、智能刺激器控制以及50Hz陷波器控制等组件;在信号处理功能时,显示参数设置对话框,用以设置与信号处理有关的某些参数,如周期判断条件,相关函数的时延、谱分析中的数据长度以及各频率成分的划分等。在某些处理中,该区还可用于显示信号处理的结果。

(8) 信号显示控制工具栏:通过移动滑动条浏览信号各区段。点击功能按钮缩放时间轴。

(9) X轴刻度:显示X轴的标尺。如同改变Y轴标尺一样,把鼠标移到X标尺旁,当显示缩放图标或移位图标时,按下鼠标左键,再左右拖动鼠标以实现X标尺的缩放和移动。

2. 实验参数配置 实验前需要对实验的内容和系统操作步骤进行设置,设置的主要项目有:

(1) 采样率:根据信号的频率特性设定采样率。对于变化相对缓慢的信号,采样率应低一些,以减少储存的数据量,像血压、张力、血流、位移等信号,一般取500~1000Hz,像温度等变化极缓慢的信号,采样率取0.1~10Hz便可;对于含有较高频率分量的信号,即变化迅速的信号,采样率要足够高,像单细胞放电信号,采样率往往需要高于10kHz,在记录心肌动作电位并需要作“0”相变化率测定时,采样率需达到100kHz乃至更高。

实验中,如果记录的信号既有变化较慢的信号,又有变化迅速的信号,采样率应根据变化率高的信号而定。有些程序对不同通道采用不同采样率的办法,既保证了信号的保真度,又减少了储存空间的使用。

编辑的配置方案可以存盘,在下次做相同实验时只要打开相应的配置文件便可。

(2) 通道定义:选择信号进入的物理通道;定义信号的名称和单位;如需要定标,则应设置定标值。

(3) 显示模式:显示模式主要有:①连续记录:程序进行不间断采样和记录。②触发记录:一般情况下,以刺激器作为触发源。这种方式大多用在对诱发电位的记录,或在连续记录中用于高速抓取波形等。

(4) 信号实时处理设置:设定信号所需的实时处理项目,如幅度测量、原始信号