

高等医药院校基础医学实验教学系列规划教材
供本、专科医学类相关专业学生使用

生理学

学习与实验指导

主编：王黎明

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等医药院校基础医学实验教学系列规划教材

供本、专科医学类相关专业学生使用

生理学学习与实验指导

主 编 王黎明

副主编 覃 莉 赵 宇

编 者 (按姓氏笔画排序)

张锋雷 (广西科技大学医学院)

林 巧 (广西科技大学医学院)

周 丹 (广西科技大学医学院)

周荣波 (广西科技大学医学院)

赵 宇 (广西科技大学医学院)

温敏霞 (广西科技大学医学院)



電 子

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

生理学学习与实验指导 / 王黎明主编. —北京: 电子工业出版社, 2016.9

高等医药院校基础医学实验教学系列规划教材

ISBN 978-7-121-29300-9

I. ①生… II. ①王… III. ①生理学—实验—医学院校—教材 IV. ①Q4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第147547号

策划编辑: 崔宝莹

责任编辑: 樊岚岚

印刷: 三河市华成印务有限公司

装订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.75 字数: 310千字

版次: 2016年9月第1版

印次: 2017年2月第2次印刷

定价: 37.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件到dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: QQ 250115680。

高等医药院校基础医学实验教学系列规划教材

建设指导委员会

主任委员 姚金光

副主任委员 义家运 秦子平

委员 (按姓氏笔画排序)

文玉萍 伍善广 刘珍莲

张安文 陆 春 陆桂喜

黄水群 廖春玲

前言 PREFACE

生理学是一门实验性科学。通过本课程的学习，使学生了解和掌握机体各系统、器官的正常生理功能，以及这些功能是如何实现的和受到哪些因素的调节和控制。

在生理学的教学中，为了帮助学生更好地认识和掌握疾病与病理过程的发生发展机制，熟悉正常机体的机能和代谢变化，培养学生从事临床工作和科学实验研究的基本技能及思维能力，我们开设了一定的动物实验课程。实验指导是对学生进行实验课教学的重要教材。编写高质量的实验教材，对于推动学科的建设发展、深化教学改革、提高教育质量、培养高素质人才都具有十分重要的意义。

本书以卫生部规划教材《生理学》的内容为依据，紧密结合我校生理学实验课教学的实际，整理了我校生理实验教学已经开展的主要实验，同时收集了部分兄弟院校较成熟的教学实验。全书详细介绍了生理学动物实验的基本方法和实验报告书写的基本原则。为方便学生课后复习，书中编入了生理学习题集，大大提高了该书的实用性和使用范围，可供目前我校各专业的学生使用。

本书在编写和印刷出版过程中，得到学校、基础部、教务处领导、教材科、印刷厂等有关同志的关心和大力支持，谨表谢意。

由于编者水平有限，有些错误在所难免，敬请有关教师及同学批评指正。

王黎明

2016年6月

目录 CONTENTS

总论	/ 1
----	-----

上篇 实验

实验一 反射弧分析	/ 12
实验二 制备坐骨神经 - 腓肠肌标本	/ 13
实验三 刺激强度和刺激频率与骨骼肌收缩的关系	/ 16
实验四 红细胞的渗透脆性	/ 21
实验五 血液凝固及影响血液凝固的因素	/ 22
实验六 ABO 血型的鉴定	/ 24
实验七 蛙心搏动的观察及起搏点的分析	/ 25
实验八 人体心电图描记	/ 28
实验九 人体心音听诊	/ 31
实验十 人体动脉血压的测量及运动对血压的影响	/ 33
实验十一 哺乳动物心血管活动的调节	/ 35
实验十二 兔减压神经放电	/ 39
实验十三 微循环血流观察	/ 42
实验十四 人体肺通气功能的测定	/ 43
实验十五 膈神经放电	/ 45

实验十六 呼吸运动的调节	/ 48
实验十七 胃肠运动的观察	/ 54
实验十八 人体体温测量	/ 55
实验十九 影响尿生成的因素	/ 56
实验二十 视调节反射和瞳孔对光反射	/ 60
实验二十一 视力的测定	/ 61
实验二十二 色盲检查	/ 61
实验二十三 声波的传导途径	/ 62
实验二十四 耳蜗微音器电位的记录	/ 63
实验二十五 破坏动物一侧迷路的效应	/ 65
实验二十六 人体腱反射检查	/ 66
实验二十七 破坏小鼠一侧小脑的观察	/ 67
实验二十八 大脑皮质运动区功能定位	/ 68
实验二十九 去大脑僵直	/ 71
实验三十 胰岛素引起低血糖的观察	/ 72

下篇 学习指导

一、绪论	/ 76
二、细胞的基本功能	/ 78
三、血液	/ 81
四、循环系统	/ 86
五、呼吸	/ 92
六、消化和吸收	/ 95
七、能量代谢和体温	/ 98
八、排泄	/ 101

九、感觉器官	/ 106
十、神经系统	/ 108
十一、内分泌	/ 112
十二、生殖	/ 114
模拟测试题	/ 117
测试一	/ 117
测试二	/ 123
测试三	/ 129
测试四	/ 135
测试五	/ 141
测试六	/ 147
测试七	/ 153
测试八	/ 160
测试九	/ 166
测试十	/ 172
参考答案	/ 180
参考文献	/ 208

总 论

一、生理学实验的目的与要求

生理学实验的目的：通过实验使学生初步掌握生理学实验的基本操作技术，了解获得生理学知识的科学方法，验证和巩固生理学的基础理论，培养学生理论联系实际的能力和严格细致的科学作风，以及对实验过程进行客观地观察、比较、分析、综合的能力及独立思考解决问题的能力。

生理学实验的要求：

1. 课前应仔细阅读实验指导，了解实验的内容、目的、要求。结合实验复习有关理论知识，并根据理论预测实验应得的结果，尽量熟悉实验的步骤和操作流程。

2. 实验过程中应该按照实验步骤循序操作，爱护实验器材、节约药品，保护好实验动物和标本，仔细、耐心地观察实验过程中出现的现象，随时记录实验结果，联系理论进行思考。不得进行与实验无关的活动。

3. 实验结束后必须将实验用具整理就绪，所用器械擦洗干净。如有损坏或短缺，应立即向教师报告。整理实验记录，认真填写实验报告，按时交给负责教师评阅。

二、实验报告的书写

按照每一实验的具体要求，认真书写实验报告，书写过程应注意文字简练、通顺，字迹清楚、整洁，正确使用标点符号。

实验报告的内容与格式一般如下：

生理学实验报告

姓名_____ 班级_____ 组别_____ 日期_____

实验题目：

实验目的：

实验对象：

实验方法：

实验结果：

分析讨论：

结论。

在填写实验报告时，有关实验方法的部分，无须罗列实验过程，仅需说明本次实验的主要方法及步骤。对实验结果的描述，文字上应力求简练。为客观反映实验结果，可把由记录系统描记下的曲线直接贴在实验报告上，或自己绘制简图。

无论采用哪种方式都应做清晰的图注。如观察项目较多，亦可分步骤写实验结果。填写结果要坚持真实性与科学性。在分析与讨论中，应将获得的实验结果，结合学习的理论知识进行分析，经过思考，提出自己的见解，不可盲目抄书。报告的最后部分“结论”是本次实验获得的最基本的规律性内容，书写力求简明扼要，不可写入本实验未曾证实的内容。

三、生理学实验室规则

1. 须携带实验指导、记录本、穿戴实验衣帽准时进实验室。
2. 遵守学习纪律，保持实验室安静；严肃、认真、安全地进行实验，不做与本实验无关的事情。
3. 实验室的一切物品，未经教师许可，不得擅自取用或带出实验室。
4. 各组应用的实验器材、物品，在使用前应查点清楚，不得随意与别组调换；如遇机件不灵或损坏时，应报告教师，以便及时修理或更换。
5. 节约水电及一切消耗性物品，爱护仪器和用具。损坏物品应赔偿。
6. 保持实验室整洁。公共器材和药品用毕后立即归还原处，动物尸体和废弃物应放到指定地点。
7. 实验完毕，应将实验器材、用品和实验台收拾干净，查点清楚，放还原处。各小组轮流搞好实验室的清洁卫生，关好窗户、水电，经教师检查无误后，方可离开。

四、生理学实验常用的仪器及手术器械

生理学实验使用的仪器种类繁多，而且在不断地改进、换代，我们在此仅介绍最基本的几种。首先是刺激装置，它可对实验对象施加刺激，引起其生理功能的变化。生理功能变化的信号，需要用显示和记录装置加以显示和记录下来，才能进行观察与分析。目前生理实验室常用的有记纹鼓、生理记录仪和示波器。生理功能变化的信号常常需要先转换成为仪器所能够显示和记录的信号，对于比较微弱的生物信号，需经过适当的放大，因此还需配置换能或放大装置。由于不同记录仪器的性能不同，所要求的转换装置和放大装置也有所不同，但基本配置关系如下（图1）：

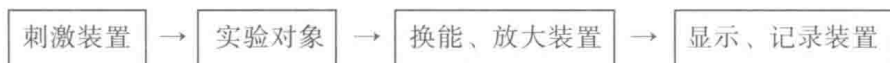


图1 基本生理学实验装置的配置关系

【刺激装置】

生物体能够接受的刺激的种类很多，在生理实验中，最常用的是电刺激。因为它使用方便，易于定量控制，不易损伤组织，可重复使用且调节方便。最常用的刺激装置是电子刺激器及与其配合使用的刺激电极。

（一）电子刺激器

电子刺激器是能产生一定波形电脉冲的仪器。波形种类很多，最常用的是方波，因为它的强度、时间、频率等刺激参数易于控制。常用的可调节参量有手控单刺激、连续刺激等刺激方式，可调节波幅（刺激强度）、波宽（刺激作用时间）和刺激频率。与示波器配用，设同步输出和延时装置，前者使扫描同步、波形稳定清晰，后者调节波形于荧光屏的适合位置。较好的刺激器带有刺激输出隔离装置，使输出的刺激与市电电源间隔离，可降低干扰，并减少刺激伪迹。功能全面的刺激器备有记时、记滴等装置。

（二）刺激电极

常用的有：①普通电极。普通电极的金属导体裸露少许，用以与组织接触而施加刺激。②保护电极。保持电极的金属导体一侧裸露少许，其他部分用绝缘材料包藏，用于刺激在体神经干，以保护周围组织免受刺激。③锌铜弓。锌铜弓是由锌和铜两种金属片做成的镊子状器械，它是生理学实验中常用的最简单的电刺激器。当锌、铜片两尖端与组织接触时，产生电流，对组织施加刺激。实验中常用它检查神经肌肉标本有无兴奋性。④微电极。在现代细胞生理学的实验中，微电极可用于刺激单个细胞或神经核团，也可用来引导单个细胞或神经核团的电变化。微电极的尖端很细，直径仅为 $0.5\sim 5\mu\text{m}$ ，制成圆锥形。根据制作的材料不同可分为金属微电极和充填电解液的玻璃微电极。

【传动、换能和放大装置】

（一）传动、换能装置

1. 机械传动杠杆 种类和式样很多，常配合记纹鼓使用的有普通杠杆、通用杠杆、万能杠杆等。装入杠杆的描笔在垂直方向应能活动自如。描笔杆可用竹签等制作，笔尖可用木刨花剪成。改变杠杆长短臂比例，即可改变记录曲线的振幅，例如：气鼓（玛利式气鼓）（图 2a）。气鼓是一个带侧管的金属浅圆皿，上面覆盖有橡皮薄膜，膜中央粘一小支架，架上安放描笔。常用于描记呼吸。

2. 检压计 检压计是一 U 形玻管，利用管内液柱移动或带动浮标插竿上端的横置描笔，以显示或描记被测液、气压变化。水银检压计用于较高压力（如血压）测定（图 2b），水检压计用于较低压力（如胸膜腔内压）测定。

3. 机-电换能器 生理学实验用的换能器是将非电能量转换成电能，经放大后，才能在记录仪上进行显示或记录。常用的有肌张力换能器、血压换能器、光电记滴器等（图 2c, 2d）。

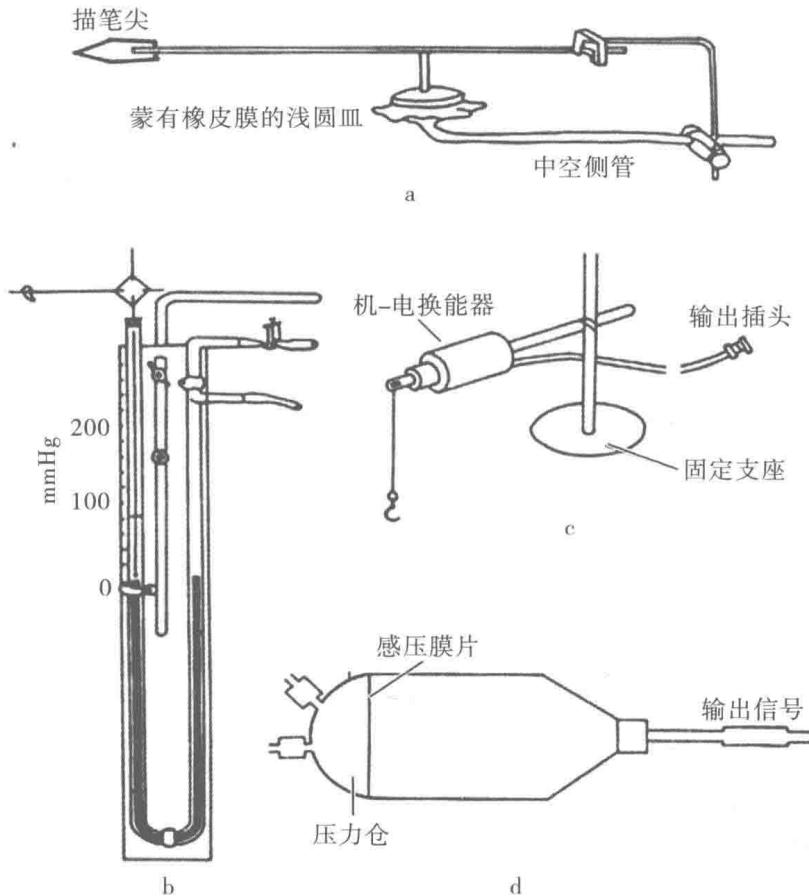


图 2 常用传动、换能装置

a. 气鼓；b. 水银检压计；c. 机-电换能器；d. 压力换能器

(二) 前置放大器

生物电信号很微弱，常在 mV 或 μV 级范围内。如果要观察和记录其变化，需要先将生物电信号经前置放大器放大后，再输入到示波器或记录仪才能显示和记录，因它能放大变化缓慢的非周期性的微弱信号，故又称为直流前置放大器。各种型号的生物电前置放大器的性能、面板结构和使用方法大体相同。

主要可选择和调节的参数如下：

1. 输入选择 ①时间常数：“ $0.001\sim 1s$ ”和输入型式（直流、交流）。在选取交流输入时，时间常数愈小，则对低频信号的衰减愈大，适当调节可减小低频干扰。
- ②平衡：放大器的输入端直接接地；然后调节“平衡”调节旋钮，可使放大器达到自身平衡。
- ③校正：用于观察或检查放大器的放大倍数。此时仪器内的校正波自动输入放大器，输出端接入示波器后，即可推算放大器的放大倍数。
- ④辨校：用于校正放大

器的辨差率。辨差率愈高，则放大器抗干扰能力愈强。

2. 增益控制 增益控制用于改变放大器的放大倍数，常分有四档，分别放大20（或50）倍、100倍、200（或500）倍和1000（或2000）倍。如果是双前置放大器，可以串联使用将能获得更高的放大倍数。

3. 滤波频率 滤波频率用于去除高频噪声的干扰。例如放置在10kHz刻度时，指信号在10kHz及以上的交流信号放大增益减小到70%以下。余依此类推。

【记录仪器】

（一）生理记录仪

生理记录仪有单道仪、二道仪和多道仪之分，配合适当的换能器和电极可将多种生理功能变化的过程如肌肉舒缩、呼吸运动、血压及心电等描记在记录纸上。因其灵敏、精确、直接而方便，故常备在实验室中。通常二道记录仪就可满足一般生理实验需要。

（二）记纹鼓

记纹鼓是可记录伴有机械变化的生理实验传统仪器。根据动力的不同，可分弹簧记纹鼓和电动记纹鼓。使用时调整适当鼓速，并使描笔尖与鼓面呈相切接触。

（三）示波器

示波器是观察和记录变化迅速而微弱的生物电现象的仪器。借助附加的照相装置进行拍摄或电磁记录设备可将实验波形保存。荧光屏上的纵坐标表示电压幅度，横坐标表示时程。

（四）电磁标

电磁标是应用电磁感应原理制成作标记记号用的装置。当通电时，吸动描笔在记纹鼓上做出标记。它可与电刺激器的指标插孔相接，作刺激标记，亦可与记时器或记滴器的输出相接，记录时间长短或液体的滴数。使用时应把电磁标的描笔笔尖与其他描记笔尖放在同一条垂直线上。

【生物功能实验系统】

生理、药理、病理学研究的对象就是生物机体在各种不同的条件下所表现出来的一些生理指标，这些生理指标是通过生物体内各种组织和器官产生的生物功能信号表达出来的，包括神经放电、脑电、胃电、心电、血压、张力、温度信号等。

生物功能信号种类繁多，强弱不一，频谱混迭和互相干扰，因此对生物信号的观察、记录和分析变得非常复杂，需要借助于很多实验仪器，比如前置放大器、示波器、记录仪、刺激器等。

所幸的是，随着电子及计算机技术的发展，近年来出现了以计算机为基础的现代

生物功能实验系统，它完全替代了原来利用分离的放大器、示波器、记录仪、刺激器等仪器所构成的操作烦琐而性能低下的生物信号观测系统，功能更加强大与灵活。

下面以 BL-420 生物功能实验系统为例，对现代生物功能实验系统作一简单介绍。

BL-420 生物功能实验系统是配置在计算机上的 4 通道生物信号采集、放大、显示、记录与处理系统。可同时记录 4 种相同类型或不同类型的生物功能信号。

（一）BL-420 系统的组成

1. 计算机。
2. BL-420 生物功能实验系统硬件。
3. BL-NewCentury 生物信号显示与处理软件。

（二）用途

生物功能实验系统完全替代了原来利用分离的放大器、示波器、记录仪、刺激器等仪器所构成的传统生物功能实验系统，适用于生理、药理、毒理和病理等实验。生物功能实验系统较传统实验设备的优势是非常明显的：可以比传统功能实验设备获得更为精确的实验结果，可实现实验结果的无纸保存、实验数据的计算机自动分析等。

BL-420 系统可以完成的基本实验如下：

1. 神经干动作电位的观察与分析，替代前置放大器、示波器和刺激器。
2. 骨骼肌收缩曲线的描记与分析，替代记录仪或记纹鼓。
3. 心电图的描记与分析，替代前置放大器和记录仪或心电图仪。
4. 减压神经、膈神经放电的观察与监听，替代前置放大器、示波器和监听器。
5. 呼吸曲线的描记与分析，替代记录仪或记纹鼓。
6. 尿生成实验，替代记录仪和记滴器。
7. 大脑皮质诱发脑电的实验。
8. 消化道平滑肌生理特性的研究。
9. 耳蜗微音器电位的记录。

除了上面所列的实验类型以外，你还可以根据自己的需要定义不同的实验类型。

（三）使用

利用生物功能实验系统完成生物功能实验非常简单。由于 BL-420 系统上没有用于仪器调节的机械开关，仪器所有的参数设置以及实验结果的观察和分析都是通过计算机上的专用软件——BL-NewCentury 完成的，所有我们首先来熟悉这个软件。下面我们首先介绍这个软件的主界面（图 3a），TM_WAVE 生物信号采集与分析软件主界面上各部分功能见表 1。

表 1 TM_WAVE 生物信号采集与分析软件主界面上各部分功能一览表

名称	功 能	备注
标题条	显示 TM_WAVE 软件的名称及实验相关信息	软件标志
菜单条	显示所有的顶层菜单项, 您可以选择其中的某一菜单项以弹出其子菜单。最底层的菜单项代表一条命令	菜单条中一共有 8 个顶层菜单项
工具条	一些最常用命令的图形表示集合, 它们使常用命令的使用变得方便与直观	共有 22 个工具条命令
左、右视分隔条	用于分隔左、右视, 也是调节左、右视大小的调节器	左、右视面积之和相等
特殊实验标记选择区	用于编辑特殊实验标记, 选择特殊实验标记, 然后将选择的特殊实验标记添加到波形曲线旁边	包括特殊标记选择列表和打开特殊标记编辑对话框按钮
标尺调节区	选择标尺单位及调节标尺基线位置	
波形显示窗口	显示生物信号的原始波形或数据处理后的波形, 每一个显示窗口对应一个实验采样通道	
显示通道之间的分隔条	用于分隔不同的波形显示通道, 也是调节波形显示通道高度的调节器	4/8 个显示通道的面积之和相等
分时复用区	包含硬件参数调节区、显示参数调节区、通用信息区、专用信息区和刺激参数调节区五个分时复用区域	这些区域占据屏幕右边相同的区域
Mark 标记区	用于存放 Mark 标记和选择 Mark 标记	Mark 标记在光标测量时使用
时间显示窗口	显示记录数据的时间	在数据记录和反演时显示
数据滚动条及反演按钮区	用于实时实验和反演时快速进行数据查找和定位, 可同时调节四个通道的扫描速度	
切换按钮	用于在五个分时复用区中进行切换	
状态条	显示当前系统命令的执行状态或一些提示信息	

1. 顶部窗口 顶部窗口位于工具条的下方、波形显示窗口的上方。顶部窗口由 4 部分组成, 分别是: 当前选择通道的光标测量数据显示、启动刺激按钮、特殊实验标记编辑及采样率选择按钮等, 参见图 3b。

2. 标尺调节区 TM_WAVE 软件显示通道的最左边为标尺调节区, 参见图 3c。每一个通道均有一个标尺调节区, 用于实现调节标尺零点的位置以及选择标尺单位等功能。


3. 硬件参数调节 控制参数调节区是 TM_WAVE 软件用来设置 BL-420S 系统的硬件参数以及调节扫描速度的区域, 对应于每一个通道有一个控制参数调节区, 用来调节该通道的控制参数, 参见图 4a, 图 4b。

4. 开始实验

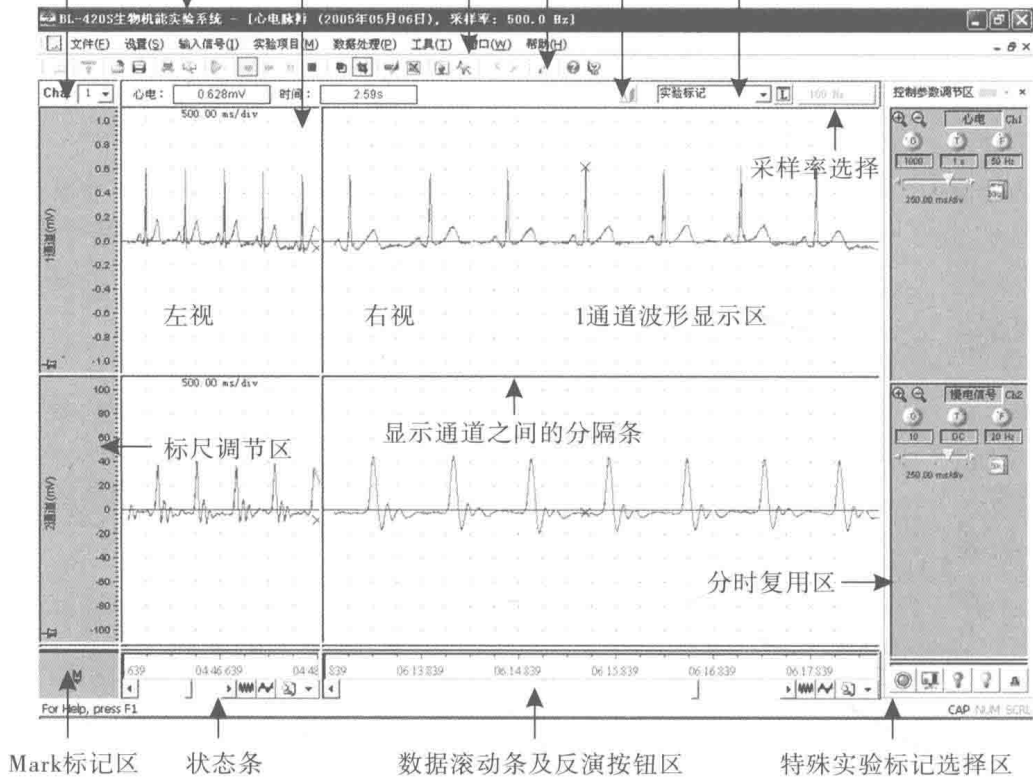
第一种方法: 从“实验项目”菜单中选择自己需要的实验项目即可开始实验。

第二种方法: 从“输入信号”菜单中为需要采样与显示的通道设定相应的信号种类,

然后从工具条中选择“启动波形显示”命令按钮 。

完成实验后，选择“停止实验”命令按钮  即可停止实验，如果你需要保存实验数据，则为实验数据取一个名称，否则你可以放弃保存实验数据。

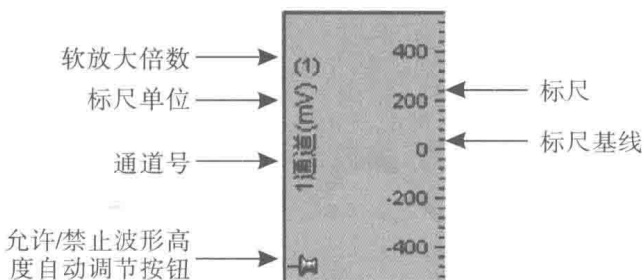
刺激器调节区 标题条 左、右视分隔条 菜单条 工具条 刺激 四个切换按钮



a. TM_WAVE 生物信号采集与分析软件主界面

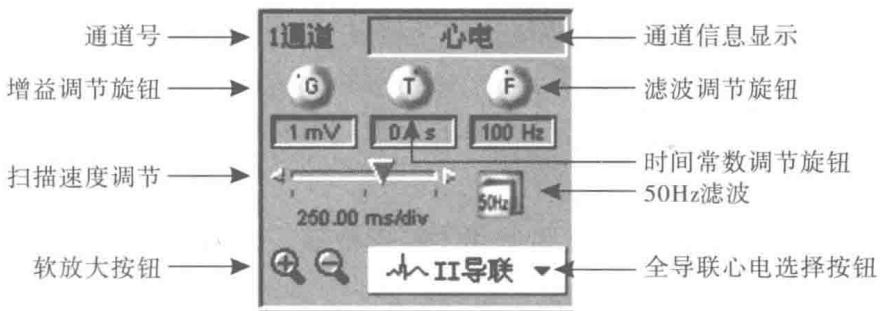


b. 顶部窗口

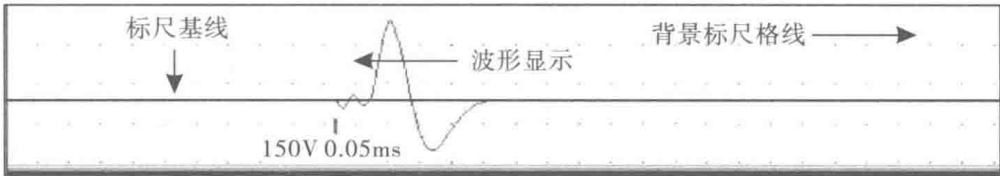


c. 标尺调节区

图3 BL-NewCentury 软件



a. 一个通道的控制参数调节区



b. TM_WAVE 软件生物信号显示窗口

图 4 TM_WAVE 软件

5. 定标 定标是为了确定引入传感器的生物非电信号和该信号通过传感器转换后得到的电压信号之间的一个比值，通过该比值，我们就可以计算传感器引入的生物非电信号的真实大小。

通过传感器引入的信号，为了获得精确的定量分析数据，需要进行定标操作，比如为了测量血压、肌张力的准确大小，需要对压力和张力换能器进行定标。

【常用手术器械】

(一) 蛙类实验常用的手术器械

1. 剪刀 粗剪用于剪骨、皮肤和肌肉等粗硬组织，眼科剪仅用于剪神经和血管等软组织。
2. 手术镊 用于夹持组织和牵提切口处皮肤，眼科镊用于夹提血管、黏膜等细软组织。
3. 金属探针 用于破坏蛙类的脑和脊髓。
4. 玻璃分针 用于分离神经或血管等组织。
5. 蛙心夹 使用时将夹端夹住蛙心尖，另一端借缚线连接杠杆或换能器，描记心脏搏动。
6. 蛙板 大小约为 $20\text{cm} \times 15\text{cm}$ 的木板，上有许多小孔，有的在两边还附有蛙腿夹，用于固定蛙类，固定时一般用大头钉把蛙腿钉在木板上，也可使用蛙腿夹夹住蛙腿。
7. 蛙嘴夹 用于夹住脊髓蛙的下颌，将其悬挂固定于支架上。

(二) 哺乳类动物实验常用的手术器械

1. 手术刀 用于切开皮肤和器官。