



ZL-620 生物信号采集系统

高校教材

安徽耀坤生物科技有限公司

网站：anhuiyaokun.com



目录单

一、前言.....	3
二、ZL-620 系统介绍.....	3-4
(一) 系统组成与基本工作原理.....	3
(三) 系统应用软件简介.....	5
三、ZL-620 系统软件使用说明.....	6-27
四、ZL-620 在典型生理学实验中的应用介绍.....	27-29
实验一、神经干动作电位的引导实验.....	27-28
实验二、动物动脉血压、心电及呼吸的记录、实验.....	28-29
五、系统使用问题及解决方法.....	29
六、实验案例.....	30-118
(实验一) 蟾蜍坐骨神经腓肠肌标本制备.....	30-34
(实验二) 不同刺激强度和频率对骨骼肌收缩的影响.....	34-38
(实验三) 骨骼肌兴奋时电活动与收缩的关系.....	39-41
(实验四) 神经干动作电位及其传导速度的测定.....	42-45
(实验五) 神经兴奋不应期的测定.....	46-47
(实验六) 神经-肌肉接头兴奋的传递和阻滞.....	48-49
(实验七) 红细胞渗透脆性测定.....	50-51
(实验八) 出血时间和凝血时间的测定.....	52-53
(实验九) 影响血液凝固的因素.....	53-54
(实验十) ABO 血型的测定.....	55-56
(实验十一) 心室期前收缩与代偿间歇及不应期的测定.....	57-61
(实验十二) 离体蛙心灌流.....	62-65
(实验十三) 容积导体的心电描记.....	66-68
(实验十四) 离体心脏冠脉流量和心脏收缩活动测定.....	69-72
(实验十五) 心脏听诊和人体动脉血压测定.....	73
(实验十六) 人体心电图描记.....	73-74
(实验十七) 动脉血压的神经、体液调节.....	74-78
(实验十八) 降压神经放电.....	79-81
(实验十九) 左心室内压的测定.....	82-84
(实验二十) 肠系膜微循环观察.....	85-86
(实验二十一) 呼吸运动的调节.....	87-89
(实验二十二) 胸内负压的观察.....	90-91
(实验二十三) 肺通气功能的测定.....	92-94
(实验二十四) 膈神经放电.....	95-97
(实验二十五) 胰液和胆汁分泌的调节.....	98-101
(实验二十六) 离体小肠平滑肌运动.....	102-105
(实验二十七) 胃肠运动观察.....	106-108
(实验二十八) 尿生成的影响因素.....	109-111
(实验二十九) 大脑皮质诱发电位.....	112-114
(实验三十) 耳蜗微音器电位.....	115-118



一、前言

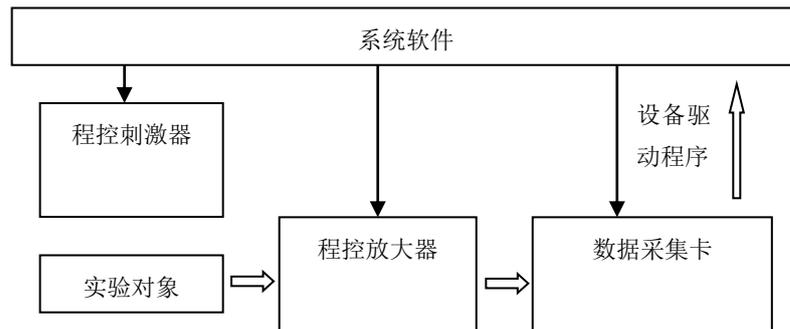
ZL-620 生物信号采集处理系统，是集众多专家、教授多年研制 PC 机生物信号采集处理系统经验而推出的又一高科技产品，可取代传统的记录仪、示波器和刺激器等实验仪器，应用于大中专院校的生理学、药理学和病理生理学等方面的教学与科研实验。ZL-620 生物信号采集处理系统软件采用 NT 技术构建，能在在 Windows 2000/XP 下稳定运行，为广大学生、实验研究人员和教师提供了易操作、好观察、处理功能强大的实验工具。

二、ZL-620 系统介绍

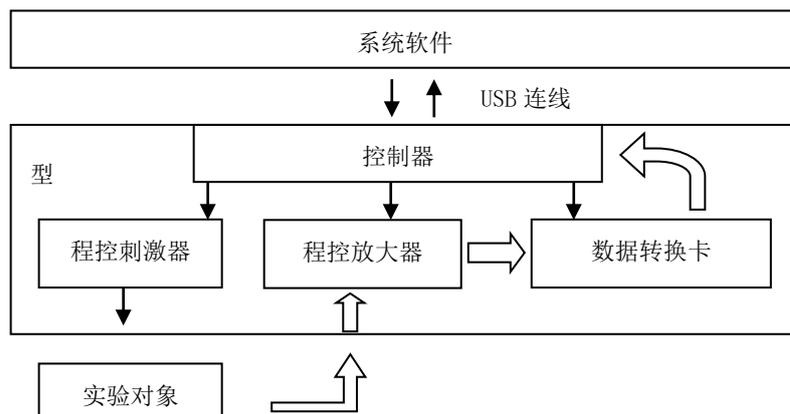
(一) 系统组成与基本工作原理

ZL-620 生物信号采集处理系统是根据电生理实验的特点，将传统仪器的优点与计算机的强大处理功能相结合而设计的系统，ZL-620 是多 CUP 并行工作集信号放大、数据采集、显示、存储、处理及输出的实验系统。它由硬件与软件两大部分组成。硬件主要完成对各种生物电信号(如:心电、肌电、脑电)与非电生物信号(如:血压、张力、呼吸)的调理、放大，并进而对信号进行模/数(A/D)转换，使之进入计算机。软件主要完成对系统各部分进行控制和对已经数字化了的生物信号进行显示、记录、存储、处理及打印输出。

(1) E 组成简图:

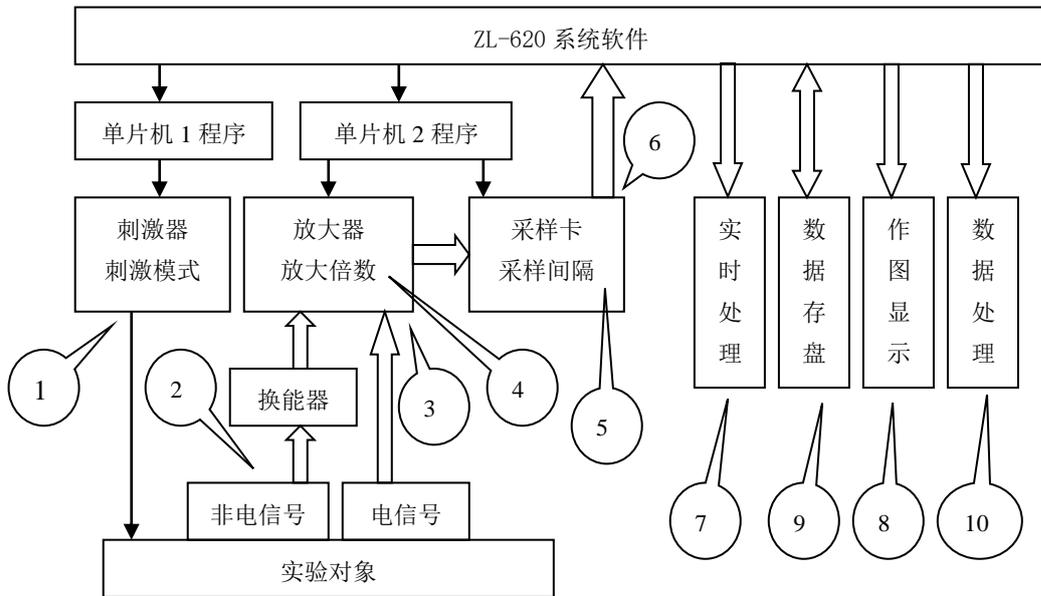


(2) 组成简图:





(3) ZL-620 是多 CPU 并行工作的生物信号采集处理系统，基本工作原理框图如下：



根据采集系统工作原理框图，提示我们在做实验时应当考虑以下内容：

- (1). 是否需要刺激？（对单片机 1 进行控制，设置刺激方式和刺激参数）
- (2). 是否需要传感器？（根据是非电信号还是电信号确定）
- (3). 直流输入还是交流输入？（由软件选择下限频率。）
- (4). 放大倍数多少？（对单片机 2 进行控制，设置放大倍数）
- (5). 对模拟信号采样的速度快慢？（对单片机 2 进行控制，设置采样间隔。）
- (6). 是否对数据进行数字滤波？（有较大干扰时用数字滤波可得到较好的曲线。）
- (7). 用什么方式作图，是记录仪方式，还是示波器方式？若示波器方式，采用连续示波，信号触发，还是同步触发？
- (8). 实时处理哪些数据，指标有那些？
- (9). 采样数据是否存盘？
- (10). 数据是否作进一步处理？

只要能搞清楚以上问题的含义，熟悉设置或修改的方法，应用 ZL-620 系统就得心应手了。



ZL-620 生物信号采集处理系统

(三) 系统应用软件简介

ZL-620 生物信号采集处理系统应用软件是标准的 Windows 应用程序，图形操作界面与微软其他应用程序风格相一致，因此好学、易用。ZL-620 应用软件安装、卸载简单，对硬件无特殊要求，不占用 PC 机特殊资源。用户不必进行调整微机端口等复杂操作。做到了即装即用，十分快捷方便。

我公司为 ZL-620 生物信号采集处理系统开发了专用的 98/2000/10 设备驱动程序，它可以有效、完整的将硬件采集数据从 PC 机内存中传送到上层应用程序，这是开发 WINDOWS 采样应用程序的关键。这也是我公司产品与其它同类产品相区别的重要标志，也充分体现了 ZL-620 生物信号采集处理系统的高科技含量。

由于程序开发标准、规范，给用户使用带来了极大的方便。例如：全部鼠标点击操作，方便简单，多窗口运行可边采样边处理数据。采样窗口大小随意调节，X、Y 轴压缩扩展自如。支持所有打印机，网络资源共享。特别是能与其它 WINDOWS 应用程序资源，如 ACCESS、Excel、Word 等进行无缝对接，共享数据，使数据处理工作从复杂、大量的劳动中得到解放。长时程记录，边采样边存盘，无最大文件长度和时间限制。支持中文长文件名，可任意为自己的文件命名。可以说 WINDOWS 软件的优点，都可在 ZL-620 中得到体现。

硬件提供了 ZL-620 系统工作的基础，软件则是完成任务的核心。ZL-620 之所以可以取代传统的记录仪、示波器和刺激器等实验仪器，都是通过软件对硬件进行必要的设置，按照不同的工作方式组织软件流程而实现的。

按使用方法分，ZL-620 分成三大工作模式。

记录仪：多导记录仪走纸描记信号曲线的工作模式。绘图方式是从右到左全屏幕移动。适用于较慢的信号、连续记录的实验。如血压、呼吸、心电等。

示波器：多线记忆示波器的工作模式。绘图方式是从左到右采一帧画一帧。适用于较快信号，特别是周期信号的实验。如神经干动作电位等。

慢波扫描：多线慢扫描记忆示波器的工作模式。绘图方式是从左到右，边画边擦。在对较快信号连续记录时，用这种方式可以避免记录仪方式全屏幕移动造成的眼花、不易观察曲线的缺点。适用于较快信号连续记录的场合。如减压神经放电等。

以上三种方式在用户使用时可任选其一。除了曲线画法上有点不同，软件其它的使用方法是一样的。这种所有工作模式使用方法的一致性，也是本系统的一大优点。



三 ZL-620 系统软件使用说明

ZL-620 软件若以完成的功能来划分，主要完成以下三大方面的操作。

- ▲ 文件操作，数据的编辑整理，显示式样的调节。
- ▲ 数据测量、处理，及结果图表的输出。
- ▲ 实时调节 ZL-620 硬件的各种参数，以使硬件能处在工作的最佳状态。

在使用时，应当清楚菜单或按钮的功能，从这三个方面按需要去调用它们。这样心中有数，就能做到“有的放矢”随心所欲了。

此外，ZL-620 系统是个多窗口的软件。除了一些有关设置方面的窗口，主要的工作窗口有三个。分别是：

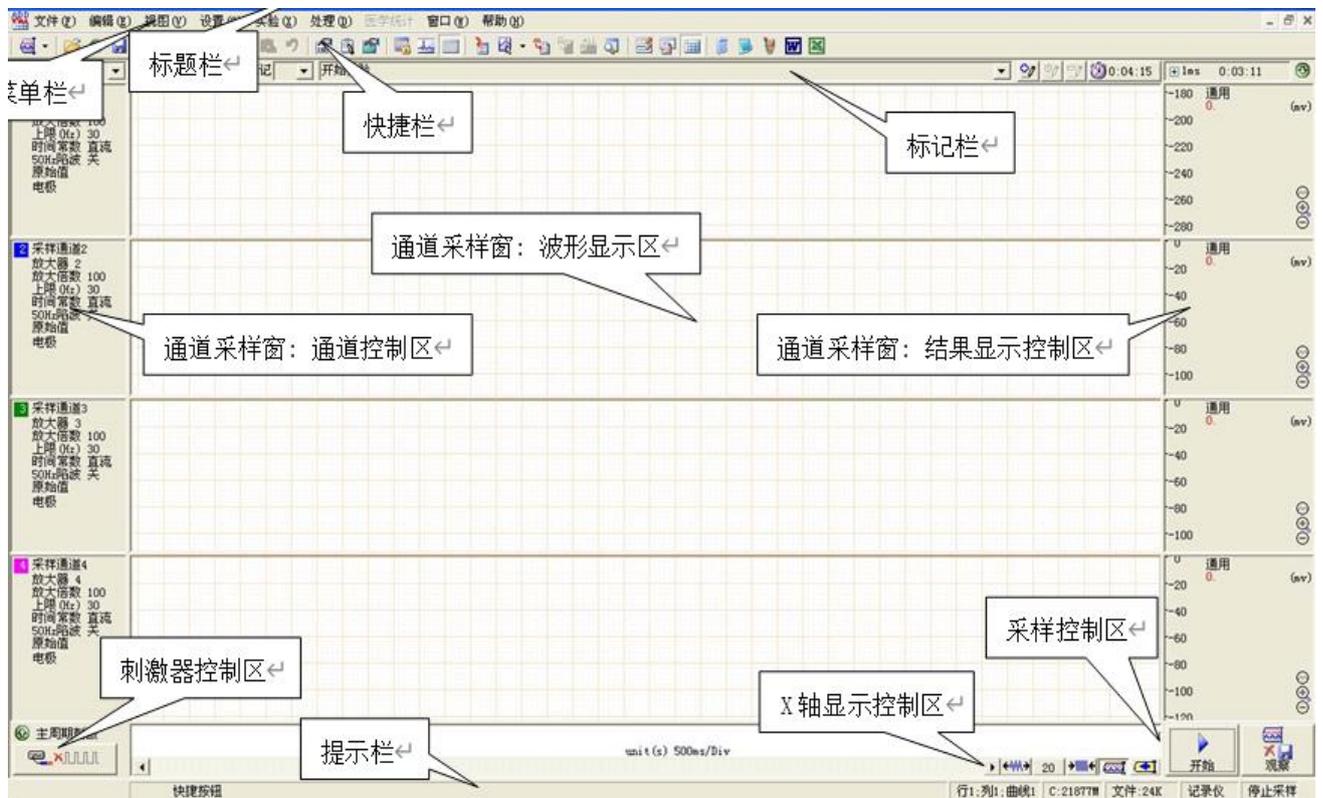
- ▲ “采样窗”：显示采样波形，观察、测量和选择要处理的波形。
- ▲ “打印编辑窗”：对要打印的曲线进行编辑，可任意调整打印曲线的大小、式样，可任意添加、删除、修改字符串。
- ▲ “数据窗”：类似 Excel 的电子表格窗。显示对曲线的测量结果。

在下面介绍的软件菜单功能，针对不同窗中有一定的区别。基本原则是按照当前激活的窗口来调用相应的处理方法和功能。

(一) ZL-620 界面概述

界面包括：标题栏、菜单栏、工具栏、状态提示栏及采样窗、处理窗、数据窗等其他多个相应的子窗口组成。ZL-620 启动后界面如下图所示：

面如下图所示：



ZL-620 系统软件

1. **标题栏**: 提示实验名称、存盘文件路径、文件名及包含“缩小”、“扩大”、“关闭”按钮。
2. **菜单栏**: 用于按操作功能不同，分类选择操作。包含如下主菜单名称：



- A. 文件:包括所有的文件操作。如打开、存盘、打印、退出等。
 - B. 编辑:包括所有对信号图形的编辑功能。如剪切、拷贝、粘贴等。
 - C. 视图:对界面上主要可视部分显示与否进行切换。
 - D. 设置:对系统运行有关的设置功能进行选择。
 - E. 实验:对已完成定制实验配置的具体教学与科研实验项目进行选择。
 - F. 处理:包括所有对信号图形的采样后处理功能。如 FFT 运算、数字滤波等。
 - G. 窗口:提供一些有关窗口操作的功能。
 - H. 帮助:包括在线帮助, 版权信息与公司网址链接。
3. **快捷工具栏:** 提供最常用的快捷工具按钮, 只要鼠标箭头指向该按钮, 单击鼠标左键, 即可进入操作。
4. **标记栏:** 用于添加、编辑实验标记, 并可用于实验数据的定位。
5. **通道采样窗:** 每个通道采样窗分三个部分:第一部分为采样窗的最左侧的“通道控制区”, 显示通道号, 实时控制放大器硬件。第二部分为采样窗中部的“波形显示区”, 采样时动态显示信号波形, 处理时静态显示波形曲线, 并可人为选定一部分波形作进一步分析处理,ZL-620 6.0 采用先进的多视窗共享数据的方法, 可同时进行多视窗的动态、静态观察或测量。第三部分为采样窗最右侧的“结果显示控制区”, 用来显示 Y 轴刻度、采样通道内容、单位, 控制基线调节, Y 轴方向波形压缩、扩展, 定标操作等。
6. **X 轴显示控制区:** 用来动态显示采样时间 (X 轴), 波形曲线的 X 轴拖动控制, X 轴方向波形压缩、扩展控制。
7. **采样控制区:** 位于“X 轴显示控制区”的右侧, 用于开始采样, 停止采样及采样存盘控制。
8. **刺激器控制区:** 位于“X 轴显示控制区”的左侧, 用于选择刺激器发出刺激的模式, 刺激启动开关及刺激参数的实时调整。
9. **提示栏:** 位于最下部, 提示相关的操作信息、ZL-620 状态和当前硬盘的可用空间。

(二) 鼠标操作说明

在 ZL-620 生物信号采集处理系统的图形界面上, 一般情况下只要在界面上移动鼠标箭头到相应的操作位置上, 单击左键即可完成操作, 与 Office 的操作相似。

- 1. 主菜单操作:当鼠标箭头指向主菜单栏后, 按下鼠标左键(不要抬起)继续移动鼠标至所选项目再抬起, 完成操作。
- 2. 工具栏提示操作:当鼠标箭头停留在工具栏按钮时, 显示该工具栏功能, 单击左键完成操作。
- 3. 滚动条操作:鼠标箭头指向滚动条, 按下左键(不要抬起)拖动鼠标可快速完成曲线图形 X 轴方向定位。
- 4. 右键快捷操作:在不同的窗口, 不同的屏幕位置, 单击右键将弹出主要操作的菜单, 选择后单击左键完成操作。
- 5. 通道采样窗分多个区的特殊操作详见下述的 ZL-620 系统软件介绍。

(三) 标题栏

标题栏位于界面最上部, 主要功能:

- 1. 示系统名称、窗口名称或实验名称。



2. 显示当前临时文件名，存盘文件名。
3. 窗口“最大化”“最小化”“关闭”控制按钮。可任意调整窗口的大小及位置。

(四) 菜单栏

菜单栏位于界面上部，可完成主要的控制、处理操作。如下图：



1. 文件(F)

打开文件菜单后，下拉菜单见右图：

A. **新建**: 主要功能是建立一个新的波形数据文件, 同时清除原采样窗中的波形数据文件。

与其它应用程序有所不同的是在本系统中它还有新建一个仪器工作方式的含义。在它的下级菜单中，共指出三种方式“记录仪”“示波器”和“慢扫示波”。一般地说，对慢信号宜选择记录仪方式（如血压、呼吸道压力、骨骼肌张力、心肌收缩力、肠肌张力等），对快信号特别是周期性信号宜选择示波器的方式（如神经干动作电位），对连续观察的快信号宜选择慢波扫描方式。但 ZL-620 解决了计算机显示作图慢的难点，快信号也可用记录仪方式来显示，只是数据量会很大。

值得注意的是在选择了“示波器”工作方式后，还应选择采样触发方式。可在弹出选择窗口中的下拉列表框中选择。一般用内定的“刺激器触发”即可。调整好刺激器参数后，刺激一次，采样一帧，周期性信号在屏幕上显示在固定位置便于观察。

B. **打开**: 打开已存盘波形数据文件 (*. ADD)，在数据窗中打开已处理结果数据文件 (*. XLS)，在打印编辑窗中打开的是打印编辑文件 (*. MEP)。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

C. **保存**: 以当前文件名保存波形数据 (*. ADD) 或处理结果波形数据 (*. XLS) 及打印编辑文件 (*. MEP)。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

D. **另存为**: 以自定义文件名保存波形数据 (*. ADD) 或处理结果波形数据 (*. XLS) 及打印编辑文件 (*. MEP)。

上面三种操作，点击鼠标后均会弹出相应的对话框，在对话框中可输入所操作的文件名（可以不考虑附加名）按确定按钮完成操作。

E. **数据导出**（见右图：）：





(1) .选中数据 用于导出采样数据中的部分段数据，另存为数据 (*.ADD) 文件。此功能适用于从很大的采样数据中抽取一些感兴趣的段，所选段可以是单段，也可是多段（选择方法后面叙述）。但不论是单段还是多段，存下来的数据含有原数据文件中的所有通道。

(2) 单/多数据通道

用于在已采样的数据文件中，单独抽出一道或几道数据，另存为数据 (*.ADD) 文件。新文件打开时只显示抽取道的波形，就象预先就设置好一样。另存为时，也可选择存为文本 (*.TXT) 格式，这种格式可以进入 Excel 作进一步处理用，也可直接打印，进行数据分析。

(3) 通道数据抽取 可在已采样的数据文件中，按大于原采样间隔的时间进行抽取，减少文件字节数。

(4) ZL-620 数据文件格式转换 可将波形数据文件 (*.ADD) 转换为二进制数据文件 (*.BIN)，供其它应用程序做进一步分析用。

F. 打开配置：打开以前保存过的配置文件

(* .adc)。该配置文件保存了当时仪器的配置：包括显示方式、采样间隔、刺激方式、通道数目、放大倍数、采样内容、滤波方式及参数、定标值、刺激模式及参数、X 轴压缩比、Y 轴压缩比等。一旦打开配置文件，所有配置内容调出，即可开始实验，是简化实验配置的一种重要方法。

G. 保存配置：以自定义配置文件名保存当前的仪器配置：包括显示方式、采样间隔、刺激方式、通道数目、放大倍数、采样内容、滤波方式及参数、定标值、刺激模式及参数、X 轴压缩比、Y 轴压缩比等各项配置参数。可方便将本系统随意设置成各种实验并保存配置，利用好这一功能，是简化科学实验配置的一种重要方法。



H. 定制实验：见右上图。可定制各类实验配置，今后就可在菜单中直接调用，十分方便。选择常用生理学、常用药理学、常用病理生理学、运动生理学和自配置实验四大类实验，可将自定义的实验分类。定制实验时，ZL-620 将当前实验参数存入 ZL-620 配置文件数据库 (ZL-620. adb)，并与自定义的实验名称相关联，若重新启动 ZL-620，即可在“实验”菜单的实验中得到更新，实验时直接在菜单中选择便可立刻进入实验环境。达到用户自己方便灵活定制、维护各种专项实验的目的。

I. 页设置：设置打印页面的尺寸、质量等属性。

J. 打印预览：打印前，预览打印编辑窗的内容。在打开的窗内还可做进一步的编辑。点击工具栏中的 快捷按钮功能相



同。

K. **打印**: 打印出已编辑好的打印编辑窗内容。如有多页文件时, 打印当前页。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

L. **最近 ADD 数据文件**: 提供最近打开过的 10 个 ADD 数据文件, 可快捷打开文件, 省掉从菜单中“打开”栏目找文件的麻烦。

M. **退出**: 退出 ZL-620 系统, 结束实验。退出时, 系统自动将退出前的各种配置参数存于文件 ZL-620. adc 中, 下一次启动本系统时, 仍为上一次的实验配置(含定标值)。

2. 编辑(E)

打开编辑菜单, 如右图:



A. **撤消**: 撤消上一次剪切或粘贴操作, 数据文件恢复到上次。在目前的 (V6.0) 版本中, 可反复执行此操作, 直到还原成最初的状态。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

状态。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

B. **剪切**: 剪切掉所选区间的波形图。剪切后, 剩余文件连接合并, 时间上也视为连续, 故使用此功能前最好将原始数据另存为一个文件, 以作备份。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

C. **复制**: 将所选区间的波形数据复制到内存, 同时将波形以像素文件格式复制到 Windows 系统的“剪贴板”。在 ZL-620 中, 今后粘贴时使用波形数据。在 Office、画图板等程序中, 粘贴时使用“剪贴板”中的图形文件。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

D. **粘贴**: 将复制到内存的波形数据粘贴到选定的位置。粘贴前, 必须在要粘贴的位置上点击鼠标一下, 使波形窗上出现一道蓝色竖线以指明位置。否则, 该菜单项无效。点击工具栏中的  快捷按钮功能相同。

E. **编辑实验标记**: 对“定制实验”中的实验预先进行标记内容的编辑。在“编辑实验标记”子菜单下, 对定制的实验可提前进行实验项目的标记准备。现以“生理学实验”为例说明使用方法, 其余实验标记编辑方法相同。进入“生理学实验”二级子菜单, 点击下部左右箭头按钮, 改变“实验号”与“实验名称”栏中的内容, 找到准备编辑标记内容的实验项目(或名称)。在“标记内容”窗中, 按行编辑标记内容, (注: 每一行是一个标记的内容), 填写内容无限制(即: 中、英文、数字、符号都可)。这一实验项目编辑完后, 再点击下部左右箭头按钮, 改变“实验号”与“实验名称”继续编辑内容, 直到全部完成, 按“确定”按钮退出。标记内容送入数据库, 以后就可以随调随用。一次编辑, 反复使用。

F. **编辑刺激标记**: 对各种刺激方式的显示内容进行编辑。选中的内容将在打标记时作为标记字符串存盘。



G. **编辑实验指导**: 编辑“定制实验”中各种实验的实验指导。

3. 视图(V)

A. **工具栏**: 显示或消隐“工具栏”选项。有“√”标记为显选项，否则为隐选项

B. **状态栏**: 显示或消隐“状态栏”选项。有“√”标记为显选项，否则为隐选项

C. **分通道显示**: 分/合通道显示选项。在分通道显示时，一个通道曲线占用一个显示窗。在合通道显示时，所有曲线画在一个显示窗内。也可叫“单窗显示”。

D. **平分显示道高度**: 平分各显示道的高度。

E. **显示跑道**: 显示或消隐显示跑道选项。所谓的显示跑道指屏幕上按能输入信号的最大范围来画出网格，信号超出此范围将会“溢出”，出现曲线的“削顶”。而其它部分用灰色盖住，形状有点象“跑道”。

F. **显示通道网格**: 显示或消隐通道网格。

G. **显示分段线**: 显示或消隐显示分段线选项。ZL-620 可反复采样与停止，如显示分段线，每次采样的数据，中间用分段线隔开以示提醒。如不显示分段线，则将数据全部连续作图。

H. **允许各窗分别调节**: 是否允许各窗分别调节的选项。此项选中时，所有的窗都可进行压缩比、移屏速度等参数的调节，采样时各道“走纸”速度、快慢均可不同。

I. **实验指导提示窗**: 选择打开实验时，是否同时显示实验指导提示窗的选项。



4. 设置(S)

A. 工作方式

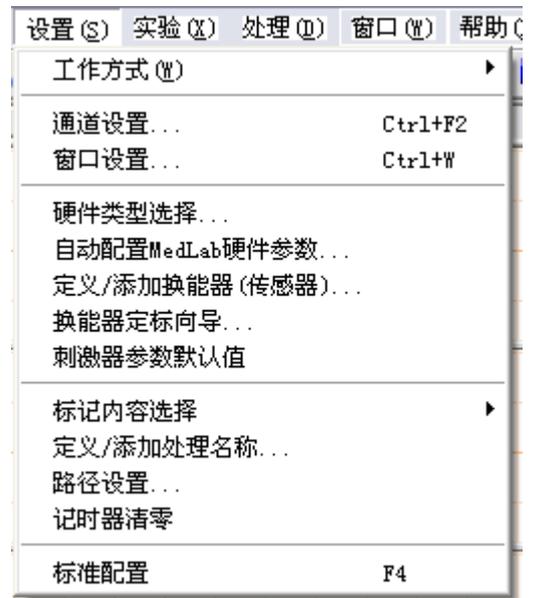
有两种方式可选择，子菜单前有“√”为当前选项，且系统只能以其中一种方式工作。**信号采集**: 系统设置为信号采集方式(为系统默认工作方式)。**演示实验**: 可利用它动态演示波形变化，进行实验示教演示。

B. 通道设置

在介绍通道设置的方法前,先将“通道”的含义说明一下。

在 ZL-620 软件的设计中,采用了软件与硬件无关的方案。因此,这里的“通道”已不是指放大器或采样的“通道”,而是一种用来显示的通道。确切点说可以理解为一个显示曲线的子窗口,一种“容器”。在这个通道中,可以显示任意放大器或采样通道的原始波形,也可以一个通道中显示多条曲线。甚至显示对原始信号经过计算的波形,如微分、积分、各种统计量等。这一方法使得 ZL-620 的显示窗事实上具有了非常灵活、任意扩展的功能,这对进行特殊要求的科研实验或开放性的教学实验是非常有利的。

进入“通道设置”子菜单,或点击工具栏中的  快捷按钮,即可打开“通道设置”窗(见下图)。





从图中可以看出，窗口内主要包括显示的通道数和通道显示内容定义二个部分。

显示通道数内定为4，一般实验这样就可以了。如要增加或减少通道数，可通过“通道数”字样右边的 Up/Down 按钮来调节。

设定了通道数后，可对每个通道中的显示内容进行定义。步骤为：

- 用鼠标点击左边文本框中列出的“显示通道 N”，N 表示想定义的通道号，使之成反白选中状态。
- 在右边的下拉框中选择该通道的原始信号来自于哪个放大器通道。不同的显示通道可以选择原始信号来自于相同的放大器通道。
- 定义对原始信号显示的方法。既可以显示原始值，也可显示多选按钮组中所列的任一种处理方法。
- 如选择的处理方法需要参数，再定好有关参数。如平滑滤波的“点数”、低通滤波的转折频率等。

所有参数选择完成后，按“确定”按钮退出，完成设置。

C. 窗口设置

设置显示通道的属性。在显示通道中单击鼠标右键功能相同。

进入此项菜单后，弹出窗口如图。

该窗口可对所有显示窗进行设置，不同的窗用行、列号来表示。





行号自上而下从 1 开始排列，列号自右向左从 1 开始排列。

所能设置的内容为：

- 网格样式。分大格；大格加点；大格加小格等种类。
- 各线条颜色。可弹出调色板设置。
- 网格大小

如不需要网格，可将所有颜色设为白色，或点击工具栏中的 快捷按钮，有效为显示网格，浮起时为不显示。

D. 硬件 类型选择

ZL-620 软件包与硬件无关，可应用于本公司历史上研发的所有硬件。因此，对具体用户，使用前就需要确定当前使用的硬件，以能对硬件进行正确的控制。

点击菜单后，弹出控制窗口如图。

将“允许选择硬件类型”复选框左边的方框选中，输入管理员密码，硬件类型下拉列表框便被激活，内有本公司的所有产品目录。选择与当前使用一致的型号，按确定键返回。

软件包中的数据库会保存此项选择，今后使用时将自动安装相关的硬件配置，不必每次选择硬件。

E. 自动配置 ZL-620 硬件参数

如用户使用的是 ZL-620 系列的硬件，可用此项菜单项对硬件的参数进行自动配置。主要是记录放大倍数各档的误差、基线的误差等。用户按弹出窗的提示进行操作即可。但在正常情况下，此操作一般无需设置。

F. 定义/添加换能器（传感器）

在用 ZL-620 系统进行实验时，常需要接入多种传感器。此菜单项提供了一种添加及设置参数的方法。实际上是将传感器的参数录入数据库，供使用时直接调用。

G. 换能器定标向导

ZL-620 数据采集时是按照电压来计算的，而使用换能器时需要转换为其它物理量，两者之间有一个比例关系，求得此比例关系的过程就是所谓的定标。

定标的方法有多种，可在采样窗中直接进行，保存于配置中。这里的向导完成的定标系数是保存在数据库中供使用时直接调用。

进入弹出窗口后，每一步都有详细的注释，在此不赘。

H. 刺激器参数默认值

在刺激器参数调乱的时候，此菜单项可将刺激器的参数设置为默认值。

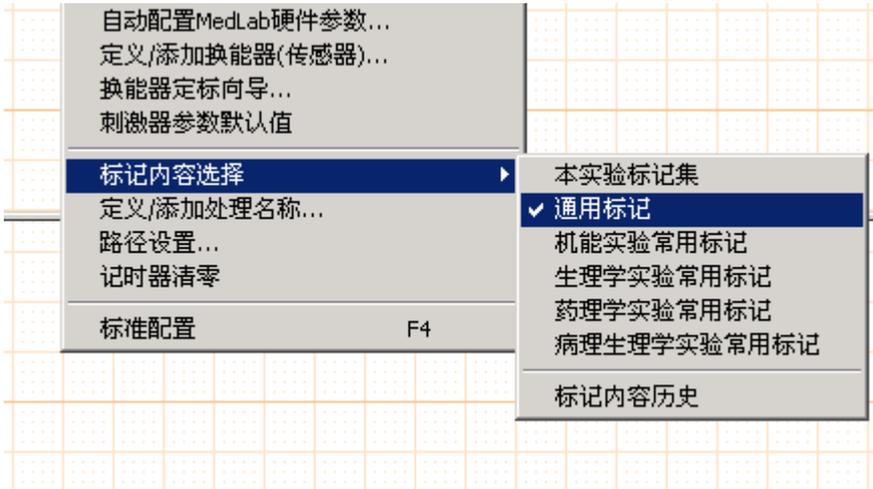
具体的方式和参数见右图。

I. 标记内容选择





不同的实验可能希望不同的标记组，可由此菜单项选择。



“本实验标记集”的标记内容可在“编辑\编辑实验标记”菜单中进行编辑，对应于从主菜单“实验”中所选择进行的实验。“通用标记”以下组提供了一些常用的标记内容。“标记内容历史”是用户实验中所用标记集中保存的结果。

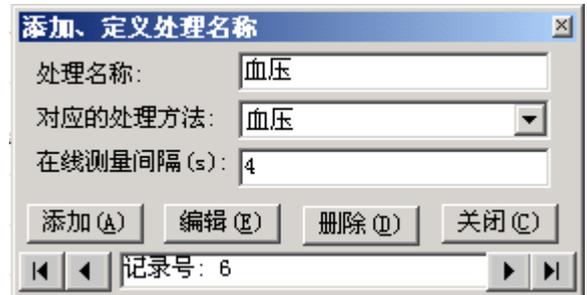
无论选何种标记组，ZL-620 (V6.0) 允许在实验中现场输入标记内容，不受标记组的约束。

J. 定义/添加处理名称

ZL-620 系统是一个开放地通用系统，就像传统的记录仪器一样，实验前不需要告之所采样的信号种类。从这一点来说，它可以应用于任何电信号或经换能器转换为电信号的非电信号。甚至是信号的导出数据。

但在实验中，一般希望能显示出具体的信号名称和示值，示值是通过“定标”来实现的，前面已有介绍。处理名称则是由数据库来管理的，通过本菜单项可完成此工作。

右图为“处理名称”在数据库中记录的编辑窗。



用下方的滚动条选择不同的记录号，可编辑不同的处理名称。“对应的处理方法”指的是实验中报告处理结果的方法，一般与“处理名称”对应。如觉得方法不合适或添加了“处理名称”记录时，允许选择已有的其它“处理方法”来对应。

K. 采样过程设置

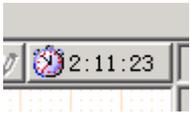
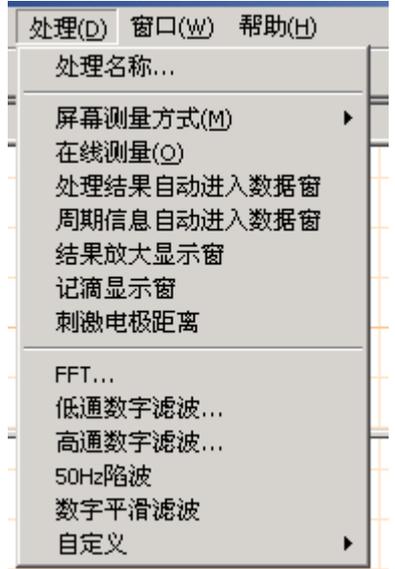
“采样过程设置”是专为一些长时程并要求自动采样控制的实验而设计的。有了它，实验人员不必每次采样都操作电脑，而只需要在开始采样前一次设定好每次开始采样的时间与采样时间，ZL-620 将自动由时钟控制采样与停止，非常方便与实用。特别对一些药理学观察“时效关系”的实验十分有用。

具体操作步骤如下:进入“采样过程设置”子菜单，打开“采样过程设置”窗口；点击选择“自动控制采样过程”；将鼠标放在“开始采样(min)”或“开始采样(s)”下单击鼠标左键，填入“开始采样”时间，在“(min)”——分钟，“(s)”——秒填入数值。再在采样时间(s)栏下填入要采样的时间(s)的数值。按序号依次填入每次的开始与采样时间。填写完成后，按“确定”键退出“采



样过程控制”窗。此时系统相对时钟清零。ZL-620 将按系统相对时钟自动运行。(注意:做此项设置,应在所有仪器设置完成后进行。)

L. 路径设置: ZL-620 系统的默认文件存盘路径是:C:\Program files\ ZL-620\data 目录。为了存盘方便和使文件存盘更加灵活方便,可以使用本功能,按实验人员的要求改变存盘目录,使文件管理更加规范、有序。具体操作如下:进入路径设置“子菜单”,打开“路径设置”窗口,窗口分上中下三部分,上部是驱动器显示窗口,点击后,列表 PC 机内所有驱动器符号,可用鼠标选中要改变的驱动器符号。中部是当前树形全路径名显示。若要改变路径只需用鼠标点击文件夹,就可完成选择。下部是手工改动全路径名栏,鼠标点击后,光标改为编辑光标,即可手动改写路径名。改动完成后,点击“确定”按钮退出本窗口,以后再次操作“打开文件”就按改变后的新路径给出。



M. 计时器清零

ZL-620 系统设置了一个计时器,位于右上部分如图。它记录了从打开 ZL-620

开始后的相对时间。如果做某实验时需要把计时器清零从头开始计时,进入该子菜单后计时器自动清零并继续计时。

N. 标准配置

设置本功能的目的是帮助实验人员在调整 ZL-620 通道时,一旦发生混乱,可以借助本功能恢复到标准配置。所谓的“标准配置”指的是:四通道、记录仪工作方式、采样间隔 1ms,这对大部分连续记录的实验都比较合适。

5. 实验(X)

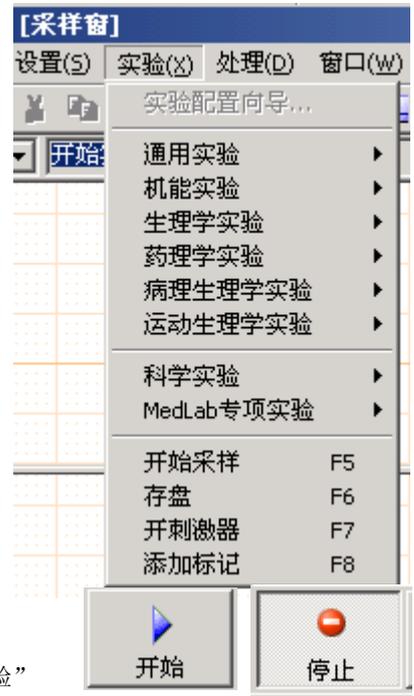
进入“实验”主菜单,如右图:

A. 实验配置向导

用户只需按计算机的逐步提示,即可方便完成实验参数的配置。

B. 八类实验子菜单

在这八大类实验子菜单下分别有多种具体实验项目,实验人员按实验分类及项目选中后,将适合该实验的 ZL-620 配置调出,即可开始实验。所有子菜单下的实验项目,都可以重新命名,重新配置,以适应不同类学科的不同实验。具体操作方法参见“定制实验”



C. 开始采样 (F5)

由菜单控制采样的入口。按 F5 功能键或右下方采样“开始/停止”按钮效果相同。

D. 存盘 (F6)

由菜单控制存盘的入口。按 F6 功能键或右下方“观察/存盘”按钮效果相同。





E. 开刺激器 (F7)

由菜单控制刺激的入口。按 F7 功能键或左下方

“观察/存盘”按钮效果相同。



F. 添加标记 (F8)

由菜单控制打刺激标记的入口。按 F8 功能键或右上方

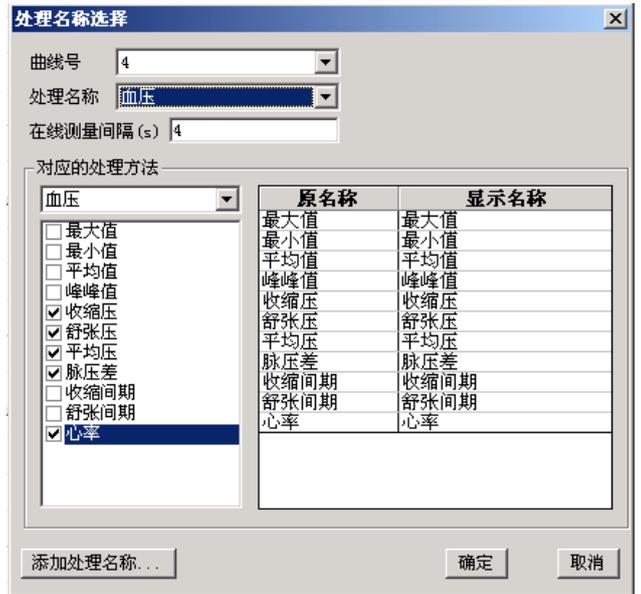


“标记”按钮效果相同。

6. 处理(D)

本菜单下的处理操作是指采样停止后的各种测量和数据的处理。

打开处理菜单后，内容如右图。



A. 处理名称

进入该子菜单后，弹出窗口如图。

点击“高级”按钮后，可拉出“对应的处理方法”框，见下图。

在“处理名称选择”窗中，可对每一道曲线通过下拉列表框设置“处理名称”，可定义“在线测量间隔”的时间长度，对采样数据所用的“处理方法”，以及测量时所想报告的处理结果条目。

图中显示的内容解释为：

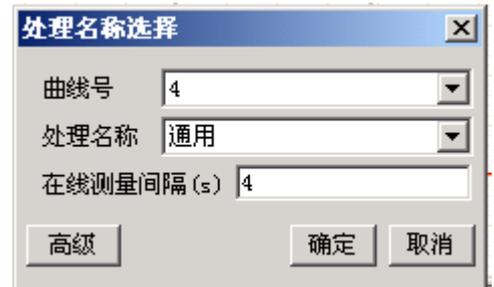
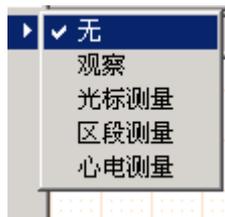
第四号曲线；显示“血压”字样作为提示；采样时，每4秒钟刷新一次结果；报告结果的内容为

“收缩压、舒张压、平均压、脉压差、心率”五项。

另外，如想在显示处理结果时不用原定义的名称，可在“显示名称”表中任意修改。

B. 屏幕测量方式

含五项下级菜单见图。



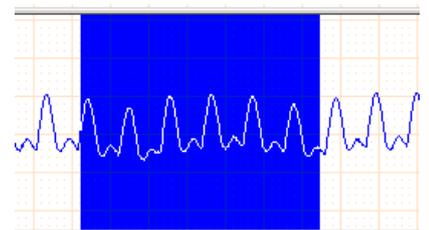
程序正常工作未测量时，内定有效项为“无”。此时的工具棒中相对应的按钮为浮起未激活状态。

当此项为“无”时，并不是没有测量的功能，而是内定为最常用的“在线测量”的方法。只要选择了数据，就报告处理结果。选择数据的方法很简单。压住鼠标左键在曲线上拖动，所拖之处会变成深蓝色则表示选中。

在屏幕有曲线要测量时，四种测量方式介绍如下：

观察 选此菜单项或按下“观察”按钮后，在曲线上移动鼠标时，屏幕出现两条虚线。

其横线的高度与曲线幅度一致，且右边会提示 Y 的数值；竖线的左右位置随鼠标而动，且右上的小显示框里显示此位置的时间值。如图为 1.58 秒处，幅





度 116.834mmHg。

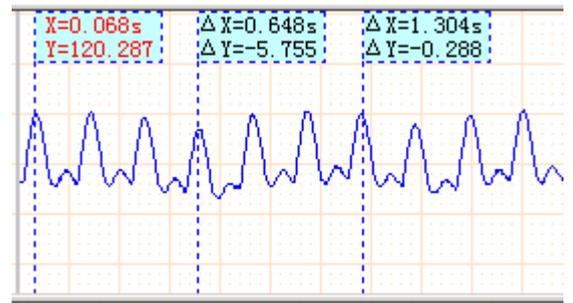


光标测量 选此菜单项或在工具棒中测量按钮右边选此项后，工具棒中测量按钮变成右图样式。



此时，在曲线上单击鼠标左键将出现一道竖线及一个数据报告小框。数据同时列出 X 和 Y 的值。鼠标点到哪儿数据就报到哪儿，如图中左边第一个框所示。

在有第一个光标情况下，按住“Shift”键的同时再点曲线的某位置，将报告出此处与第一光标的相对值，用 ΔX 和 ΔY 来表示。如图中第二个光标相对第一光标的的时间间隔为 0.648 秒，幅度相对第一光标的幅度低了 5.755 (mmHg)。



相对光标可测量多处位置，但数据都是相对于第一光标的。这种测量方法对要计算波形变化时比较方便。

区段测量 选此菜单项或在工具棒中测量按钮右边选此项后，工具棒中测量按钮变成右图样式。



同时，在屏幕的右方弹出区段测量结果的报告窗（见图）。

区段测量

条目数: 4

被测道: 2

时间: 1.732 s

幅度: 92.374 mmHg

间隔: 1.336 s

峰峰: 35.396 mmHg

入表

时间: 1.252 s

幅度: 97.554 mmHg

间隔: 1.336 s

峰峰: 35.396 mmHg

时间
幅度
间隔
峰峰
最大
最小
增量
频率
平均
有效
面积
心率
斜率

区段测量的方法很简单。压住鼠标左键在曲线上拖动，所拖之处会变成深蓝色以示选中。选中之后，结果报告窗中的数据就进行刷新，刷新的数据就是根据深蓝色数据段计算出的结果。

区段测量是一种通用的测量方式。可同时观测 4-12 个测量项目，即图中的“条目数”。单击测量项目提示的字符时，有弹出菜单，列出所有的项目可供任意选择。

就测量而言，如撇开专用的量纲，所关心的结果基本上就是弹出菜单中所列的内容。各项的含义为：

时间：选中数据段最右边的位置。

幅度：选中数据段最右边的幅度。

间隔：所选中数据段的左右间的宽度，是开始到结尾的时间间隔。

最大：选中数据段中的最大值。

最小：选中数据段中的最小值。

增量：为选中数据段中最右边的 Y 值减去最左边的 Y 值。

频率：选中数据段中周期波的频率，单位是 Hz。如周期不明显，结果可能不准确。

平均：选中数据段中所有数据的算术平均值。

有效：选中数据段中所有数据的有效值，也叫方均根值。与市电 220V 有效值的算法一样。

面积：选中数据段中所有数据的曲线下面积，实际就是这一段的定积分。也可以认为是平均值乘以间隔。

心率：选中数据段中周期波的频率，单位为（次数/每分钟）。这是照顾到生物学的一种量度，使用时不一定是心率，只要是想用此单位的均可用。

心率: 267

P 幅度: .615

PR 间期: 56

R 幅度: 1.714

QRS 时程: 48

ST: .117

T 幅度: .469

QT 间期: 168

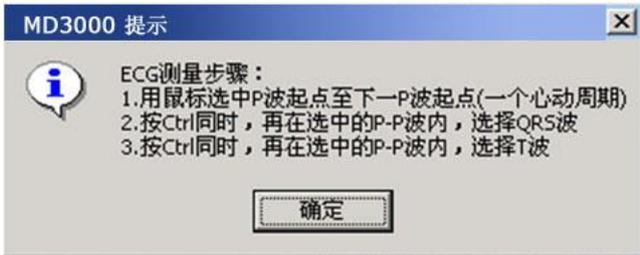
帮助



斜率：选中数据段中最右边的 Y 值减去最左边的 Y 值再除以时间间隔 $\Delta Y / \Delta T$ 。这反映的实际是平均斜率，当间隔比较小的时候，该值近似于该点的微分 dY/dT 。

计算出的结果，如需要进一步统计，可按“入表”按钮，这组数据便进入了数据窗。

心电测量 专为心电提供的测量方法。选此菜单项或在工具棒中测量按钮右边  选此项后，工具棒中测量按钮变成右图样式。



同时，数据显示区右面的提示窗相应的变成心电结果报告的式样，双击窗口可还原成原样。

点击“帮助”按钮，将弹出帮助对话框。按照帮助中的方法，挑选感兴趣的心电波，便可逐一测量出各波的结果。这些结果也可进入数据窗作进一步的统计、处理。

需要说明的是：在处理方法中设置的“心电”已有基本的测量，但只报告出最大、最小、幅度、心率等指标。如需要更

细的如各种间期而又要避免波形中的干扰，用此方法较好。

C. 在线测量

确定是否要“在线测量”的选项，内定为选中状态，菜单中字符左边有一打勾符号。



选中时，工具棒中的按钮为按下状态。此时若采样，则每隔一定时间间隔（如 4 秒）刷新一次按处理方法计算的处理结果。若不是采样状态而是测量状态，如前所说，拖一批数据则显示一批处理结果。

如去掉“在线测量”的勾号，工具棒中的按钮为浮起状态，采样时不报告处理结果。



D. 处理结果自动进入数据窗

选中此项，菜单字符左边打一勾号，工具棒中的按钮为按下状态。



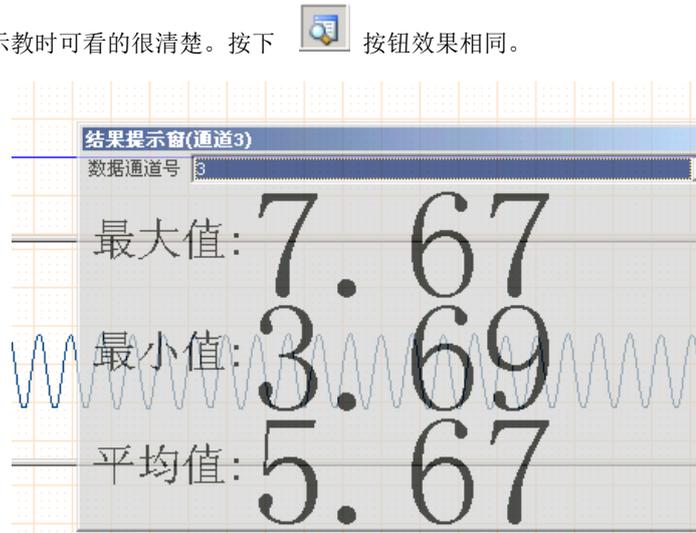
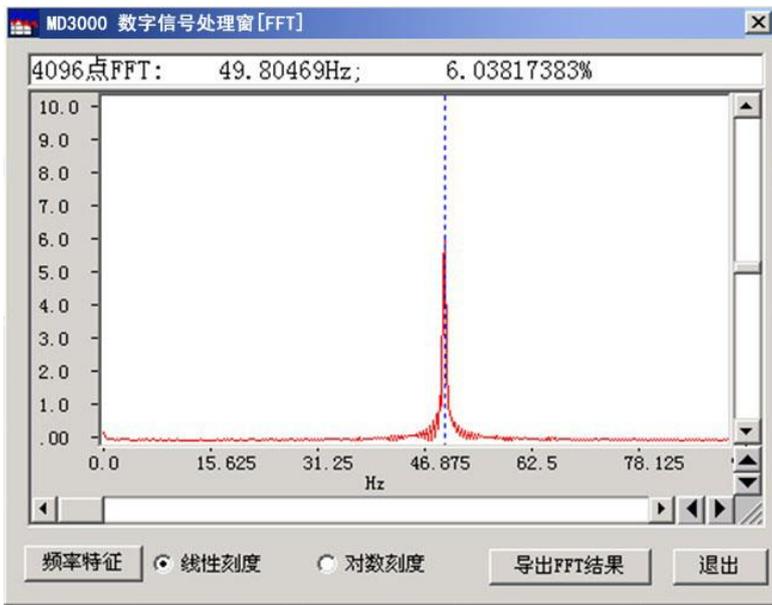
此时，采样中每次刷新的处理结果或不采样时选中数据的处理结果都将自动进入数据窗，省去了每次选的麻烦。

E. 周期信息自动进入数据窗

按处理名称处理的结果是一段数据的平均值，如信号是周期性信号，选中此项，可将每个周期的数据全部进入数据窗。

F. 结果放大显示窗

通过一个半透明的浮窗，将在线测量的结果放大显示出来，在远距离示教时可看的很清楚。按下  按钮效果相同。



G. 记滴显示窗

专用来记录、处理记滴状态的一个窗。选中后弹出。

H. 刺激电极距离

进入菜单后，可在弹出的设置窗内输入电极距离，内定为两厘米。此数据供计算动作电位传导速度时使用



用。

I. FFT

对当前所选波形曲线进行 FFT 运算(快速付利叶分析), 绘出频谱如右图。

频谱图反映了波形的所有谐波分量的能量分布, 移动鼠标时, 上面的文本框中报告出当前的频率和该频率的谐波能量在总能量中所占有的比例。

频谱图的作图方法有两种, 除了上图中的“线性刻度”, 还可用“对数刻度”, 不同点是纵坐标以对数单位作标尺, 单位是 dB。

按下“频率特征”按钮, 可看到高/低频率的比例、中心频率等有关统计结果。

按下“导出 FFT 结果”按钮, 可将 FFT 图形的数据用文本文件的格式导出, 供分析数据使用。

J. 低通数字滤波

对所选中波形的数据进行高阶巴特沃兹低通数字滤波。按选定的上限频率, 可滤掉采样数据中的高频干扰成分, 而保留上限频率以下的成分。

由于采用了独特的算法, 本低通数字滤波对波形不产生相位的移动, 避免了波形的“破碎”。

K. 高通数字滤波

对所选中波形的数据进行高阶巴特沃兹高通数字滤波。按选定的下限频率, 可滤掉采样数据中的低频飘移, 而保留下限频率以的的波形。本高通数字滤波也不产生相位的移动。

L. 50HZ 陷波

对所选中波形的数据进行 50Hz 陷波的计算, 可去掉 50Hz 干扰信号。该方法对采样条件教差、50Hz 干扰教大的场合提供了一种弥补的手段。

M. 数字平滑滤波

对所选中波形的数据进行平滑滤波, 可去掉信号波形中的高频毛刺, 使曲线平滑美观。滤波点数在 3-9 点中根据具体情况选择。

7. 窗口(W)

打开“窗口”菜单后, 内容如右图。

A. **层叠**: 在 ZL-620 的多窗口方式工作时, 多个窗口以层叠方式排布。

B. **横向平铺**: 窗口横向平铺。

C. **纵向平铺**: 窗口纵向平铺。

以上三种方式可依实验人员习惯随意选用, 可以做到边采样边处理数据, 多个窗口同时工作, 同时观察。

D. 算器、记事本、画图

此三项均为 WINDOWS 提供的小型工具应用程序, 选中后立即启动。



在工具棒中的按钮如图, 按下后的作用相同。

实验人员在实验与处理数据时, 常常要用计算器、记事本、及画图板来计算数据、记录事项与绘制图形。菜单中有了这些调用是大大为方便的, 这些调出的程序都可以多窗口工作, 互相切换。

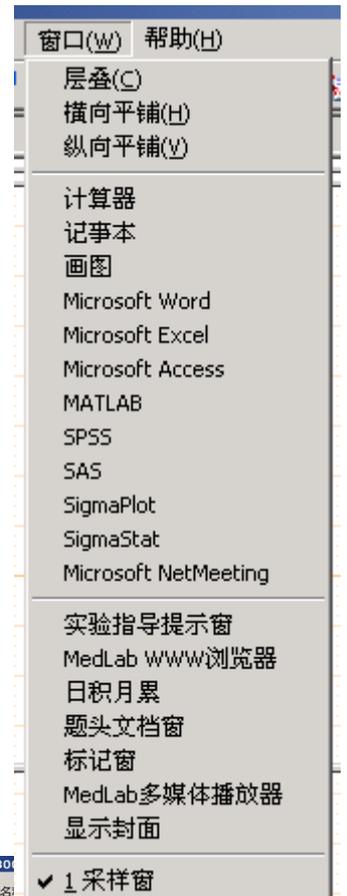
E. Microsoft word、Microsoft Excel、Microsoft Access

此三项为微软公司提供的办公用程序套件, 选中后立即启动。利用它, 实验人员可以非常方便容易的撰写实验报告、研究论文。这种无缝对接的方式使工作可以不中断, 在 ZL-620 里就可以完成所有工作。

特别要指出的是: 如在数据窗的情况下调用 **Excel**, ZL-620 软件会自动将数据窗电子表格内的数据按原样“粘贴”到 Excel 的电子表格中, 省去了“另存为”、“打开”等一系列麻烦操作。

F. MATLAB、SPSS、SAS、SIGMPLOT

这些都是国际著名的计算统计软件, 如果用户系统安装了这些软件, 可以更进一步的处理 ZL-620 数据。



MD30

实验名	1 采样窗
操作人员	Administrator
实验日期	2003.12.15 11:45:36
实验条件	实验各种条件
实验对象	兔
性别	雌
体重	3kg
备注	

确定



G. 实验指导提示窗

相对于主菜单“实验”中的栏目，如用户已编辑好实验指导，可右此菜单打开。

H. 题头文档窗

进入“题头文档窗”子菜单，弹出编辑窗如图。

这里列出的条目是将来打印实验报告时的内容，可任意修改。也可空白。

如采用了网络打印的用户，建议在“操作人员”或“备注”中输入小组的名称，便于识别。

I. 标记窗

进入“标记窗”子菜单，在标记窗内可以修改、添加标记内容。在一般信号采集过程中，点击“标记”按钮即可完成波形曲线的打标记工作，但有时需要事后增加，移动标记，或修改标记内容，这可以在标记窗中统一修改编辑。

8. 帮助(H)

进入“帮助”主菜单，如图：
帮助的使用方法与标准的WINDOWS 应用程序用法一样。实际上是一本电子书籍。



在线帮助（F1）可以让实验人员在使用 ZL-620 系统时随时随地得到帮助。利用“目录”及搜索帮助主题可以直接找到您需要了解的部分，其中每一个条目都可以用鼠标来选中、点击、进入，找到解决问题的方法与实例。希望广大用户能充分利用好帮助功能，让 ZL-620 成为您得力的助手。

在您的微机连接上网的情况下，可直接调出我公司的网页。如需要技术上的支持，可连接开发组的电子邮件，我们会及时地给以答复。

（五）工具栏

ZL-620 系统工具栏位于菜单栏下部，共有 8 组 29 个快捷工具按钮图标。如图：



用户需要那种功能或操作，用鼠标箭头指向图标按钮单击就可以实现。

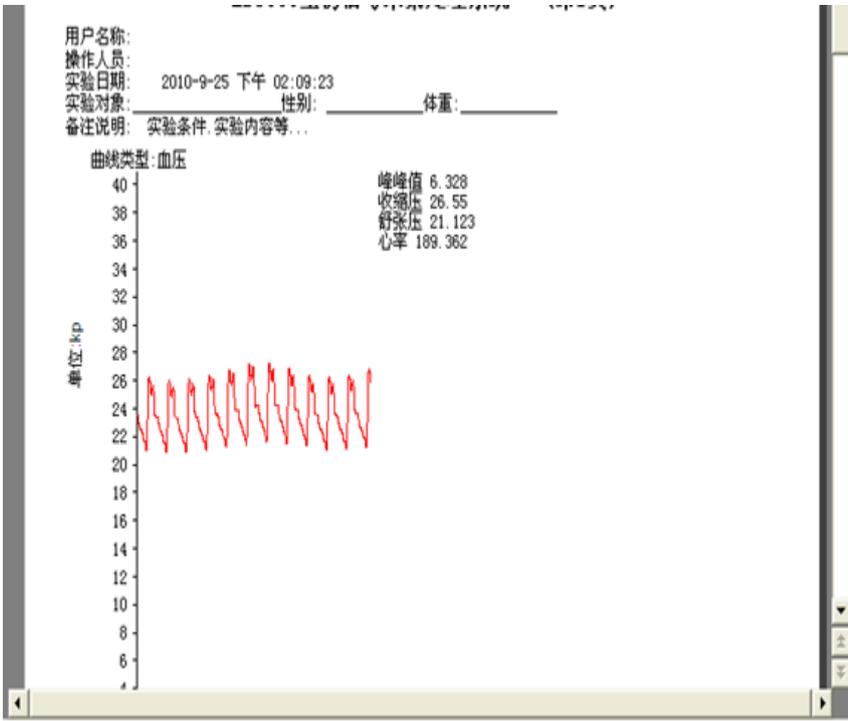
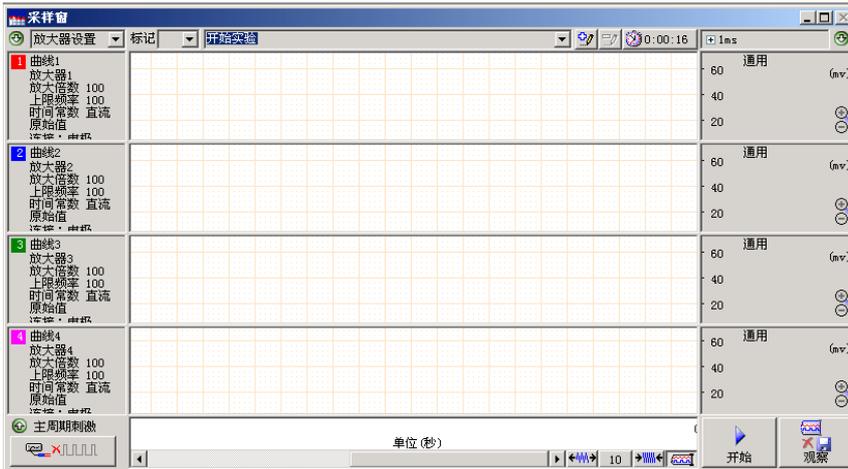
这些图标按钮上虽然没有文字说明，但从其上的图案也可对其功能知道大概。如果对图标快捷按钮的功能操作还不熟悉，可将鼠标箭头移到该快捷按钮图标上，稍待片刻，鼠标箭头端处会打开一个提示当前图标功能的提示栏，用户就可以知道该快捷图标的功能了。

工具栏中大部分按钮的功能已在菜单栏中介绍过了，在此不再重复。以下仅就窗口切换和打印编辑做些介绍。

工具栏第 7 组（倒数第二组）按钮为 ZL-620 三个主要窗口的按钮。如右图所示，从左到右分别是“采样窗”、“打印编辑窗”和“数据窗”。按下哪个就将哪个窗口显示在最上层。



三个窗的基本式样如下面所示。



A1		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											



工具栏第六组第一个按钮为实验曲线入打印编辑窗按钮。

在选择了一段数据之后，按此按钮一下，曲线就进入打印编辑窗。反复选、反复按，可以同时使多段曲线进入打印编辑窗。这个方案提高了整理打印报告的灵活性。

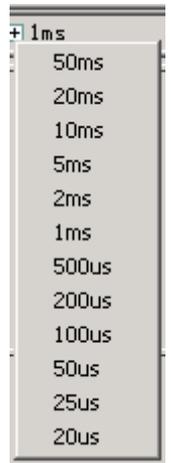
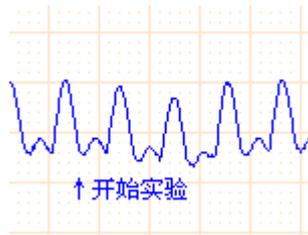
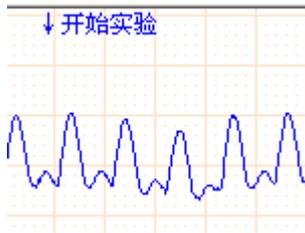
打印编辑窗是一个真正地图/文编辑窗，有点类似于微软提供的画图板，所有图/文的尺寸、式样、颜色等属性均可以进行编辑，实为实验人员极有用的得力工具。详细编辑方法在后面的专门章节中介绍。

(六) 实验标记添加和采样间隔调节区

该区处在采样窗的上端，其左侧和中部为实验标记添加区，可对实验标记的序号、标记内容进行设置。右侧为采样间隔调节区，可对采样间隔进行调节。



标记内容编辑框内可任意输入或修改标记内容，按右面有“加”号的按钮即可将标记打在曲线上。标记的样式如下图左。在 MD3000 中，新增了标记位置和内容的编辑功能。可将鼠标移动到标记上，此时鼠标的形状是一个小手。按下鼠标，可将标记拖动到屏幕的任意位置。若将标记拖到曲线下方，则显示的式样如下图右。

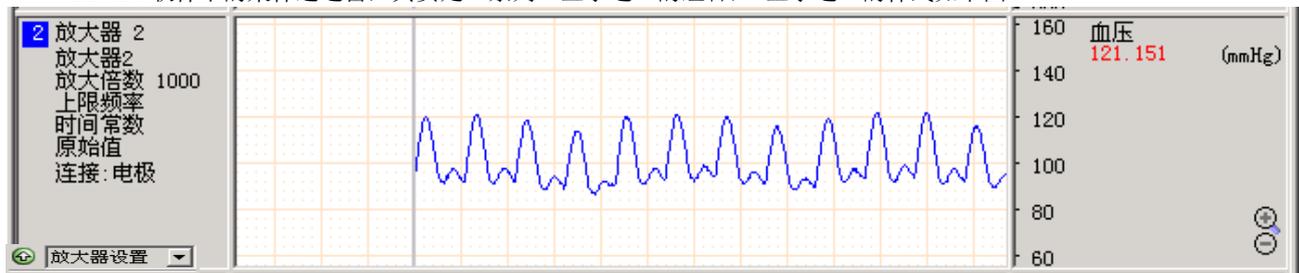


如需要对标记的内容进行修改，将鼠标移动到标记上之后单击。上端的“标记”号自动变成要修改的号码，内容框中自动显示原标记的内容。在标记内容框中输入新的内容，回车后则修改了原标记。如要统一修改也可出调出标记窗操作。

采样间隔调节十分方便，只要将鼠标移动到内有加号的方框上单击，在下拉列表框中选择合适的间隔即可。间隔越大采样越慢，反之则越快。

(七) 采样通道窗

ZL-620 软件中的采样通道窗，其实是一系列“显示道”的组合，“显示道”的样式如下图。



每一个显示道分三个部分：左侧为“硬件控制区”，中部为“显示区”，右侧为“显示调节区”。三个部分各有侧重，共同配合，完成系统的控制和调节，以下逐一介绍。

硬件控制区

提示当前放大器的通道号，曲线的颜色，程控放大器的放大倍数，硬件滤波器的参数，以及信号源的类型。所有参数均可调节，由于软件采用的是多线程工作的方法，即使在采样中也可实时调节。



将鼠标移至此区，所提示的参数变成“红色”，呈“激活”状态时，单击鼠标左键，或单击采样窗左上方的下拉箭头可弹出参数调节窗如下图。



调节窗上端为设备型号提示图标，与当前使用的型号外形一致。

放大器 CH 提示当前所用的放大器通道号。

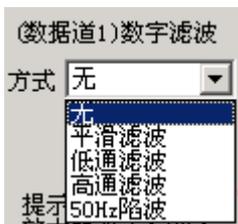
放大倍数可在下拉列表框中选择，其数值从 10、20、50、100……按照 1、2、5 的档位，视硬件类型的不同分成十几档。

上限频率、下限频率均用下拉列表框中选择。

调节窗下半段为数字滤波控制。

数字滤波提供了采样时的实时处理手段，当采样的波形受外界环境噪声的干扰时，选择合适的数字滤波可改善波形的质量。

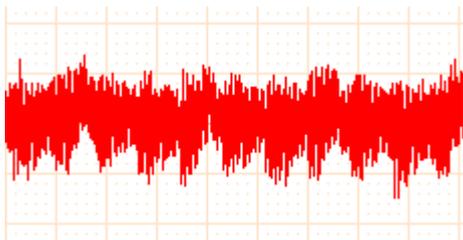
数字滤波共有 4 种，其完成的功能与菜单“处理”中列出的一样。下面有一些图例。



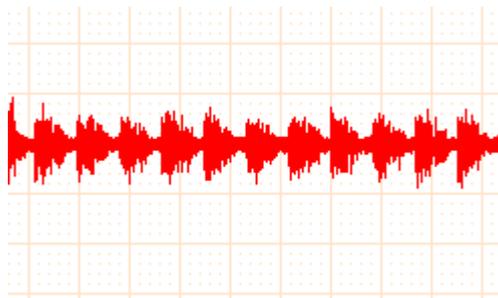
无数字滤波时



低通滤波时



减压神经放电无数字滤波时



减压神经放电高通滤波时

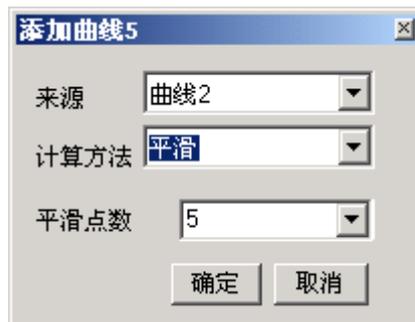
显示区

显示区位于显示道的中部，是描记曲线供观察测量的区域。在显示区中单击鼠标右键，有快捷菜单弹出如右图。其中，有关编辑的命令和“窗口属性”与主菜单中的一样，只是提供“快捷”使用方便。在此不重复介绍。

“添加曲线”和“重定义曲线”是此菜单中特有的，为用户提供了一种从采样曲线直接计算和显示导出曲线的方法。

点击“添加曲线”后，弹出菜单如图。

标题“添加曲线 5”指在原来 4 条曲线的基础上，添加一条曲线，序号是“5”。



撤销(U)	Ctrl+Z
剪切(T)	Ctrl+X
复制(C)	Ctrl+C
粘贴(P)	Ctrl+V
添加曲线	
重定义曲线	
窗口设置	



来源：指对哪一条曲线进行计算而导出曲线 5，图中是 2。

计算方法：指用何种方法计算，下拉框中有十几种，可任选一种。如果计算中要用到辅助参数将在“计算方法”下面的框中输入。图中为“5 点平滑”也可修改成其它数据。

添加曲线窗定义好确定后，显示窗中便加了一条按定义方法计算的曲线或直方图，用“重定义曲线”可以对添加的曲线修改定义观察参数的变化所带来的影响或不同计算方法所产生的不同结果。

添加曲线可添加多条，计算方法可不同也允许相同，完全是灵活自由的。

下面的一组图是心室内压曲线用 4 种方法导出的比较。



心室内压加 9 点平滑曲线



心室内压加转折频率 5HZ 低通滤波曲线



心室内压加转折频率 5HZ 高通滤波曲线



心室内压加微分曲线

在显示区中，如需专门观察某通道，在该通道上双击鼠标可将窗口扩至最大，再双击可还原。如需各窗调节大小，将鼠标移至窗口交界出，鼠标图标成“上下箭头”状时拖动鼠标即可。

显示调节区

该区位于显示道的最右边，作用较多。

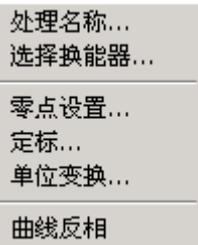
A. 显示幅度坐标值 刻度的高度大小与显示区的网格一样，刻度的数值大小根据放大倍数及图形放大倍数计算，反映的是输入信号的数值，便于观测。

B. 上下移动曲线 当鼠标在显示调节区中移动时，有很大区域鼠标的图标呈“小手”式样并伴有“移动位置”提示。按下鼠标左键，小手图标变成手握紧的式样。此时，上下移动鼠标，显示区的曲线和网格以及本区的坐标将随鼠标的移动而移动，便于将曲线调整到显示区的最佳位置。如使用的鼠标是三维鼠标，滚动鼠标中间的滚轮也可实现相同效果。

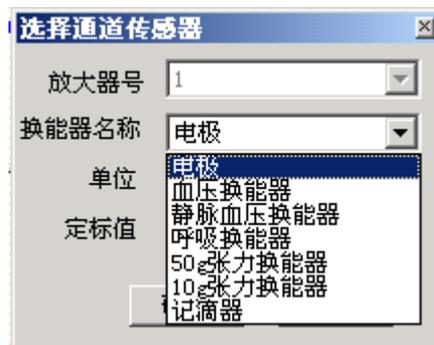
C. 放大/缩小图形 调节区的右下有两个放大图标，内含“加”号和“减”号。鼠标单击“加”图标，放大曲线幅度；鼠标单击“减”图标，缩小曲线幅度。注意：这种放大和缩小仅是作图意义上的，是为观察图形而用，波形的量值不变，与放大器的放大是完全不同的。

D. 移动零点 当鼠标移动到靠近 Y 坐标时，鼠标的图标呈“上下箭头”并伴有“移动零点”提示。上下拖动鼠标或滚动三维鼠标中间的滚轮可上下移动曲线。与前面介绍的移动曲线不同，该功能下网格及坐标均不动仅是曲线动，相当于零点位置在变化。

E. 快捷处理菜单 当鼠标移动到调节区上端处理名称处，鼠标的图标呈“小手指示”式样时，单击鼠标左键将弹出菜单如右图所示。



- 处理名称... 此菜单功能菜单中“处理\处理名称...”同，请参阅上面有关介绍。
- 选择换能器... 此菜单功



与主
相
能
与



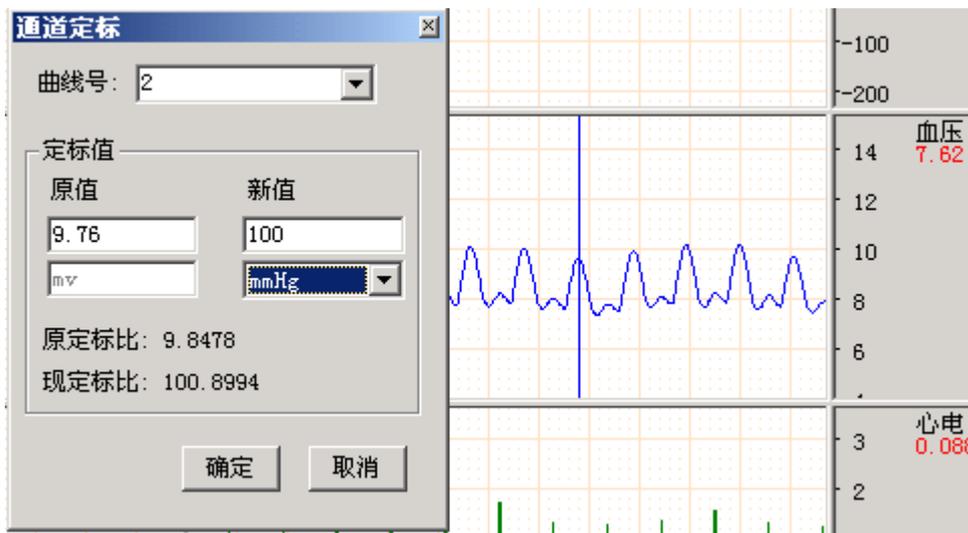
硬件控制区中按下“连接”字样时跳出的窗口一样，

窗中的“换能器名称”下拉框中有数据库里的多种传感器，可根据需要选择。选好传感器后，将自动调用该传感器的单位和定标系数。这些内容可在“设置”主菜单中的有关菜单中修改。这种直接调用的方法为用户配置实验提供了很大方便。

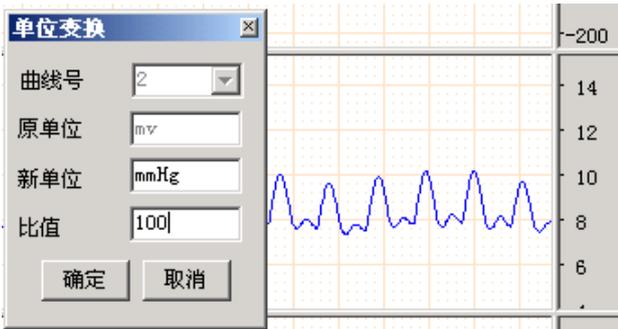
- 零点设置… 设置该通道的零点。此功能在动态和静态时有所不同。动态采样时，程序将当前采样的值作为新的零点继续采样，波形回到基线。在静态时，程序按照最后的一部分数据计算出零点，然后将数据全部进行修正，如有差值，波形将按差值全部上/下移动。此方法在数据量大的时候较花费时间，一般采用动态零点设置较好。

- 定标… 调用定标窗

前面已介绍过，ZL-620 数据采集时是按照电压来计算的，而使用换能器时需要转换为其它物理量，两者之间有一个比例关系，求得此比例关系的过程就是所谓的定标。定标窗见右图。



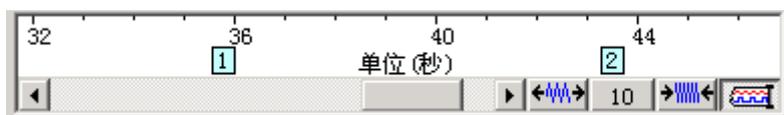
调出定标窗后，用鼠标选择想定标的位置，“原值”框中会显示出所选处的数据。选定后，在“新值”框中输入折算后的值（一般应有一个标准量具参照），确定后，系统将按照此比例关系，即 9.76mv 的值乘以 100.89994，转换为 100mmHg。



- 单位变换… 手动变换显示曲线的单位和定标系数。此功能在已知比例关系时或对比例作修正时使用。
- 曲线反相：使曲线反相。

(八) .X 轴显示控制区

用来显示 X 轴时间刻度，显示标记位置，控制 X 轴扩展与压缩，与波形曲线在 X 轴方向上不同位置显示的控制，如图所示。



时间刻度显示区 用于显示采样曲线的时间坐标刻度。

标记位置 方框中的号码为标记的序号，其位置是打标记的时间。

X 轴方向波形曲线滚动控制 利用鼠标单击水平滚动条或拖动水平滚动棒可以横向拖动波形曲线，迅速在水平方向定位。

X 轴扩展/压缩比例控制显示 在观察与测量波形曲线时，有时需要在水平方向上扩展或压缩波形曲线，此时用鼠标点击按钮



，波形曲线在水平方向上扩展，点击按钮，波形曲线在水平方向上压缩，压缩比例显示在中间的按钮上。

采样/停止控制 本系统是多窗口系统，每个窗口都可以按按钮设置成采样走纸状态，或按按钮设置成静止观察状态。

(九) 运行控制区

用于控制 ZL-620 系统采样及采样中数据存盘。右图为未工作时的状态。

开始/停止 按“开始”按钮，ZL-620 开始采样或演示实验。图中的“采样”按钮变成凹下状态，表示再按便停止采样。

观察/写盘 平时为观察状态，按后变成凹下状态，提示当前的采样数据正在写盘。写盘的文件名右系统按照当前的绝对时间自动生成。反复按下和抬起，用户可边采样边挑选出感兴趣的数据，形成存盘文件。



(十) 刺激器控制区



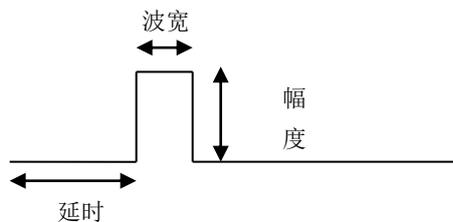
位于整个窗口的左下角，用于选择刺激方式，设置刺激参数及启动刺激器，如图。

刺激器面板 用鼠标点击最左侧图标按钮，弹出刺激器面板图，

其图标按钮的形状变成箭头向下，再按时可收拢窗口。

刺激器工作方式选择 用鼠标点击上方的列表框，弹出工作方式选择表，按需要选择其中之一，刺激器方式设置即完成。刺激模式有：单刺激、串刺激、主周期刺激、自动间隔调节，自动幅度调节，自动波宽调节、自动频率调节等模式。

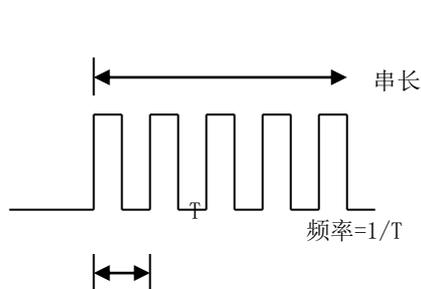
单刺激 与普通刺激器一样，输出单个方波刺激，延时、波宽、幅度程控可调。可用于骨骼肌单收缩、期前收缩等实验。



串刺激：相当于普

通刺激器的复刺激，但刺激的持续时间

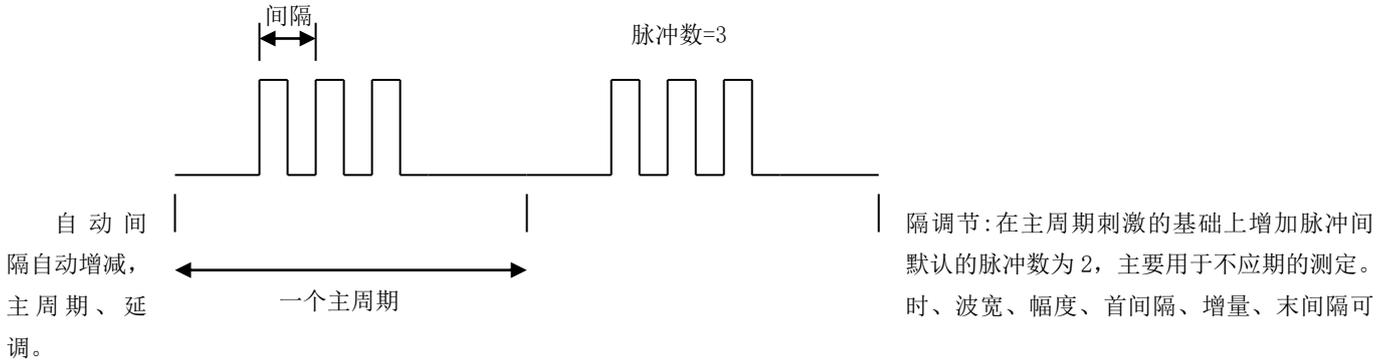
由程序控制，即串长的概念，启动串刺激后到达串长的时间，刺激器自动停止刺激输出。串刺激的延时、串长、波宽、幅度、频率可调。刺激减压神经、迷走神经和强直收缩等实验可采用此刺激方式。



主周期刺激 程控刺激器常用此方式编程。与普通刺激器比较，此种刺激方式将几个刺激脉冲组成一个周期看待，多了主周期、周期数的概念。主周期：每个周期所需要的时间。周期数：重复每一个周期的次数（也即主周期数）。每个主周期里又有以下参数：延



时、波宽(脉冲的波宽)、幅度(脉冲的幅度)、间隔(脉冲间的间隔)、脉冲数(一个主周期内脉冲的数目)。



自动幅度调节:在主周期刺激的基础上增加脉冲幅度自动增减, 主要用于阈强度的测定。主周期、延时、波宽、初幅度、增量、末幅度、脉冲数、间隔可调。

自动波宽调节:在主周期刺激的基础上增加脉冲波宽自动增减, 主要用于时间-强度曲线的测定。主周期、延时、幅度、频率、首波宽、增量、末波宽可调。

自动频率调节:在串刺激的基础上增加频率自动增减, 主要用于单收缩强直收缩、膈肌张力与刺激频率的关系等实验。串长、波宽、幅度、首频率、增量、末频率、串间隔可调。

按下刺激区中下方的按钮, 刺激器呈开状态见图。此时刺激器按照所定义的方式进行刺激。再次按下按钮, 恢复到原图形, 刺激器便停止刺激。

如刺激方式属一次性的, 如单刺激、串刺激等, 按下刺激开始按钮, 刺激完成后按钮图标自动恢复, 表示刺激结束, 不需要再按按钮来结束刺激。



(十一) 操作提示、状态提示区

用于提示当前的操作、采样状态、当前硬盘可用空间和文件大小等信息。

四、ZL-620 在典型生理学实验中的应用介绍

为使用户更快更好的掌握 ZL-620 系统的使用, 这里介绍几个典型的生理学实验应用作为入门参考。

实验一、神经干动作电位的引导实验

1. 器材 ZL-620 生物信号采集处理系统, 输入接线、刺激输出线(ZL-620 随机配置)、神经屏蔽盒。

2. 操作过程

- 选工作方式 神经干动作电位属周期性快信号, 适合用“示波器”方式采样。点击快捷工具栏上新建按钮旁的下拉箭头, 在菜单中选“示波器”。在弹出的设置窗中用内定的刺激器触发方式, 按确定按钮。

- 设置窗口 点击快捷工具栏上的“通道设置”快捷按钮打开“通道设置”窗口, 通道数用 UP/DOWN 按钮调成 2, 内定为 1、2 放大器通道, 如要修改可对 2 个显示道改变放大器输入道。按确定按钮返回。

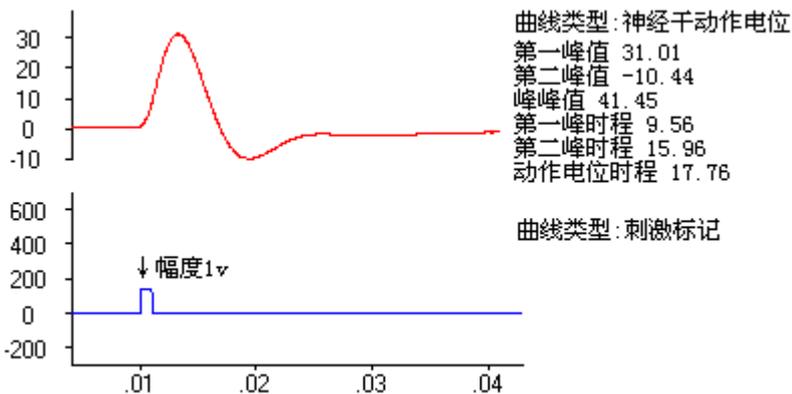
- 设置处理名称 鼠标移至通道 1 右上的“通用”提示处, 单击左键。在弹出菜单中选“处理名称”为“神经干动作电位”, 按确定按钮返回。鼠标移至通道 2 右上的“通用”提示处, 单击左键。在弹出菜单中选“处理名称”为“刺激标记”, 按确定按钮返回。

- 设置刺激模式 选择刺激模式为“主周期”方式或用内定方式, 刺激器参数为:周期(s):1、数目:1 个、幅度:1v、波宽:0.5ms、



延时:10ms、方式:连续

- 调放大器 第一道:放大倍数 1000 左右,上限频率 1K 左右,下限频率 80Hz。第二道:放大倍数 10 左右,上限频率 10K 左右,下限频率用直流。
- 连接输入 将第一道输入线接到神经屏蔽合接线柱上,用三通将刺激输出一边接神经屏蔽合刺激接线柱,一边引到放大器第二道。
- 开始采样 点击“刺激”按钮或按下“开始”按钮都可开始采样。适当调整放大倍数, X、Y 轴压缩比,将双向动作电位与刺激波形图调节为最好观察形态。
- 打印输出 为将两个波形曲线一次打印输出,可将鼠标移至时间显示区,拖动鼠标,选中要计算打印波形曲线,再点击“处理窗”,及打印快捷键,完成计算打印工作。



3. 保存配置 如一切满意,为免除今后重复调整,可将当前的配置保存为配置文件,今后使用时可用“打开配置”的方法直接进入实验。具体方法见菜单中有关介绍。

实验二、动物动脉血压、心电及呼吸的记录、实验

本实验信号种类多,既有非电生物信号的血压与呼吸,又有生物电信号的心电,是一个很典型的生物信号采集处理实验。做好这个实验,对 ZL-620 系统的操作应当说是很熟悉了。

1. 器材 ZL-620 生物信号采集处理系统,心电输入接线(ZL-620 随机配置)、血压传感器、呼吸传感器、水银检压计(血压传感器定标用,需另配)、动物手术台及器械、药品等。

2. 操作过程与方法

- 选工作方式 本实验是慢信号,适合用“记录仪”方式。点击快捷工具栏上新建按钮旁的下拉箭头,在菜单中选“记录仪”。直接在“设置”菜单中用“标准配置”或按快捷键 F4 均可。
- 设置窗口 点击快捷工具栏上的“通道设置”快捷按钮打开“通道设置”窗口,通道数用 UP/DOWN 按钮调成 3,内定为 1、2、3 放大器通道。按确定钮返回。本步骤也可不做,将标准配置中的 4 个通道中不需要观察的通道窗口用鼠标拉的较小以至于看不出也可。
- 设置处理名称 鼠标移至通道 1 右上的“通用”提示处,单击左键。在弹出菜单中选“处理名称”为“血压”。打开“高级”按钮,将对应的处理方法也设置为“血压”,按确定钮返回。鼠标移至通道 2 右上的“通用”提示处,单击左键。在弹出菜单中选“处理名称”为“心电图”,打开“高级”按钮,将对应的处理方法也设置为“心电图”,按确定钮返回。鼠标移至通道 3 右上的“通用”提示处,单击左键。在弹出菜单中选“处理名称”为“呼吸”,打开“高级”按钮,将对应的处理方法也设置为“呼吸”,按确定钮返回。
- 调放大器 第一道:放大倍数 100 左右,上限频率 100 左右,下限频率用直流。第二道:放大倍数 1000 左右,上限频率 100 左右,下限频率用 0.8Hz。第三道:放大倍数 500 左右,上限频率 10 左右,下限频率用直流。
- 连接输入 将血压传感器插入第一道,心电连线插入第二道,呼吸传感器插入第三道。



• 定标:

(1) 连接好血压传感器与水银检压计。

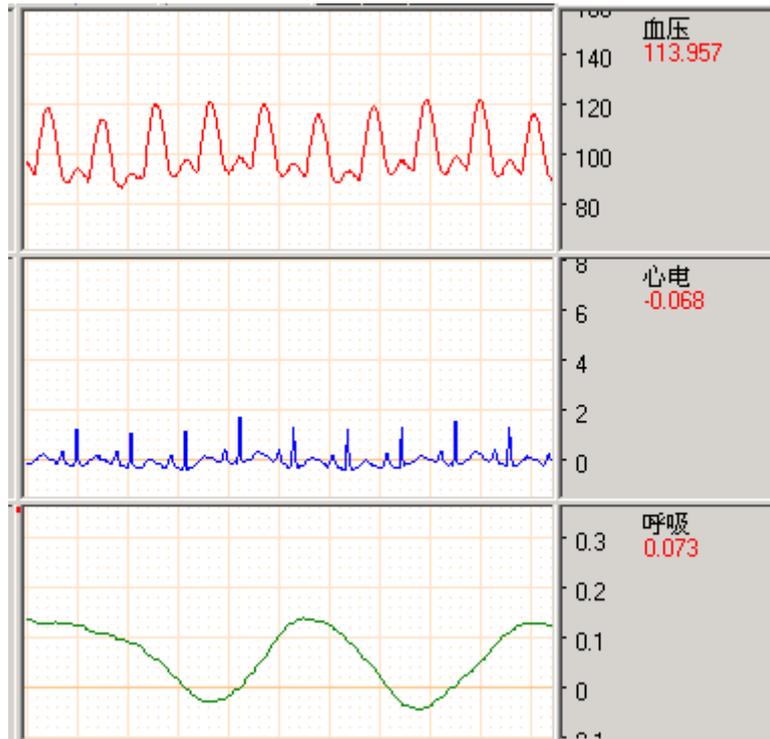
(2) 转动三通开关, 使血压换能器与大气相通, ZL-620 开始采样并将第一通道基线调至与零线相重合。然后接上注射器, 向管路内注射液体, 使水银检压计逐渐升至某一固定压力值(如 100mmHg), 保持采样一小段时间后, 停止采样。

(3) 移动鼠标至第一显示道“显示调节区”内“血压”处, 单击鼠标, 选“定标”打开定标窗口。用鼠标点击波形曲线上升至平稳段的一点, 在新值处填上水银检压计示出的压力值(如 100mmHg), 确定后退定标窗, 完成定标。

(4) 转动三通开关, 接入动脉血管, 即可准备开始采集动脉血压信号。

如呼吸传感器也想定标, 可通过流量计来定。单一般情况下只看波形不用定标。

• 开始采样 按下“开始”按钮。适当调整放大倍数, X、Y 轴压缩比, 观察记录的曲线, 正常情况下应如图所示。



• 采样结束按“停止”键。

• 打标记: 在需要打标记时, 可随时在标记编辑框中输入标记内容, 点击添加标记按钮, 为实验逐一添加标记。

• 观察测量: 采样结束后, 按下快捷工具栏中的观察快捷键, 用十字光标即可测量各点值。也可以按下快捷工具栏中的“测量”快捷键, 用鼠标拖选要测量的曲线段, 由测量窗得到各项测量参数。

• 打印输出: 为将三个波形曲线一次打印输出, 可将鼠标移至时间显示区, 拖动鼠标, 选中要计算打印波形曲线, 再点击“处理窗”, 及打印快捷键, 完成计算打印工作。

注意: (1) 由于三个通道的信号变化快慢差别较大, 其中心电变化较快, 而血压呼吸变化较慢。这时应调节 X 轴压缩比, 调整观察状态, 达到最佳效果。(2) 在采样过程中, 如果需要可暂时停止采样, 再次采样时数据会自动接在上次采样之后, 中间用一黑竖线隔开。如果需要存盘, 可点击“观察”按钮, 变为“存盘”, 将理想波形曲线自动以 Temp000. add, . Temp001. add 等文件名存入硬盘。(3) 变换心电输入线的三个端点可以测出标准 I、II、III 心电导联信号。

如需要观察长时间的曲线变化, 可将鼠标移到显示区左边缘, 鼠标图标成左右箭头时, 拖动鼠标再拉出一组窗口。新拉出的窗口采样与否均可, 将 X 压缩比调的很大(如 1000)可观察到曲线变化过程。

五、系统使用问题及解决方法



在系统工作出现异常时，用户首先应当确定：

- (1) 实验环境是否发生了变化？回到原来再观察系统工作情况
- (2) 信号取出的方法是否正确？传感器是否正确？
- (3) 系统接地屏蔽是否良好？有无干扰进入环境？
- (4) PC 机是否工作正常？（CPU，内存，硬盘，工作是否正常）
- (5) 操作系统有无问题？是否感染病毒？

如 USB 接口的系统出现异常时，有时是 WinDows 本身的异常，可先关仪器，再关计算机，等待一段时间后，先开微机后开放大器，再运行软件。如仍有异常再与公司联系处理。

实验一 蟾蜍坐骨神经腓肠肌标本制备

【实验目的】

1. 掌握蛙类坐骨神经腓肠肌标本的制备方法。
2. 观察组织的兴奋性、刺激与反应规律以及骨骼肌收缩的特点。

【实验原理】

青蛙和蟾蜍是两栖类动物，其生存环境较简单，离体组织和器官所要求的条件也较简单。坐骨神经和腓肠肌属于可兴奋组织，把他们置于人工配制的林格液中，其兴奋性在几个小时内保持不变。若给坐骨神经一个适宜的刺激，可在神经和肌肉上产生一个可传导的动作电位，肉眼可以看到一次肌肉的收缩和舒张，表明神经和肌肉兴奋了一次。

【实验对象】

蟾蜍或蛙。

【实验器材】

蛙板、蛙钉、玻璃分针、粗剪刀、眼科剪刀、尖镊子、线、林格液、培养皿、滴管、锌铜弓、控针、瓷盘。

【方法和步骤】

坐骨神经腓肠肌标本的制备可采用离体或在体的方法。



1. 离体坐骨神经腓肠肌标本制备

(1) 破坏脑脊髓：取蟾蜍 1 只，以左手示指压其头部前端使其尽量前俯，中指与食指夹住其前肢，拇指抵住其骶部，使整个躯干做最大屈曲，后肢悬空。探针自枕骨大孔处垂直刺入，到达椎管，随即将探针改变方向刺入颅腔，向左右两侧不断搅动，彻底捣毁脑组织。将探针退出至枕骨大孔处，转向后刺入椎管，捻动探针使其逐渐刺入整个椎管内，完全捣毁脊髓（图 2-1-1）。脑脊髓完全破坏的标志是：下颌呼吸运动消失，反射消失，四肢松软。

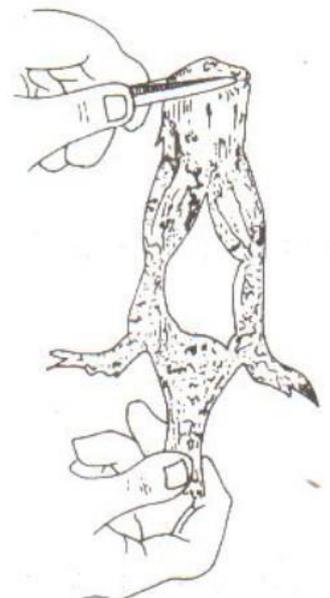
(2) 去除头部和内脏：左手握住蟾蜍后肢，此时躯干上部及内脏全部下垂。



图 2-1-1 破坏蟾蜍脑脊髓

右手持粗剪刀在骶髂关节前 1cm 处剪断脊柱，剪除全部躯干及内脏组织，注意勿损伤神经。

(3) 去皮：用圆头镊子夹住脊柱，注意不要碰到神经，捏住皮肤边缘，逐步向下牵拉剥离皮肤（图 2-1-2）。全部皮





肤剥除后，把标本置于盛有林格液的培养皿中。

图 2-1-2 去皮

(4) 洗净双手和胜过的全部手术器械。

(5) 分离两后肢：避开坐骨神经，用粗剪刀从北侧剪去骶骨，然后沿中经将脊柱剪成左右两半，再从耻骨联合中央剪开两腿，将已分离的下肢标本浸入盛有林格液的培养皿中保存。

(6) 完成坐骨神经腓肠肌标本（图 2-1-3）。

1) 游离坐骨神经：取出一下肢，用蛙钉固定于蛙板上。固定时要注意坐骨神经和腓肠肌腱上。先用玻璃分针沿脊柱侧游离坐骨神经腹腔部，然后顺股二头肌和半膜肌之间的坐骨神经沟纵向分离暴露坐骨神经的大腿部分直至腘窝，并将坐骨神经从脊柱根部剪下（可连一小块脊椎骨）。在分离过程中，把神经周围的结缔组织去除干净，并把神经的细小分支剪断，但要注意不要用金属器械触碰神经，也不要对神经过度牵拉，且应不断滴加林格液使神经保持湿润。

2) 完成坐骨神经腓肠肌标本：把游离的坐骨神经搭在腓肠肌上，在腓肠肌的跟腱处穿线结扎，用组织剪在靠结扎线远端剪断跟腱。从膝关节周围开始剪掉大腿所有的肌肉，用粗剪刀将股骨刮干净。然后，在股骨中部剪去上段股骨（留 1.5cm 长的股骨），沿膝关节剪去小腿（注意保留完整的腓肠肌）。一个附着股骨上的腓肠肌并带有支配腓肠肌的坐骨神经的标本就完成了（图 2-1-3）

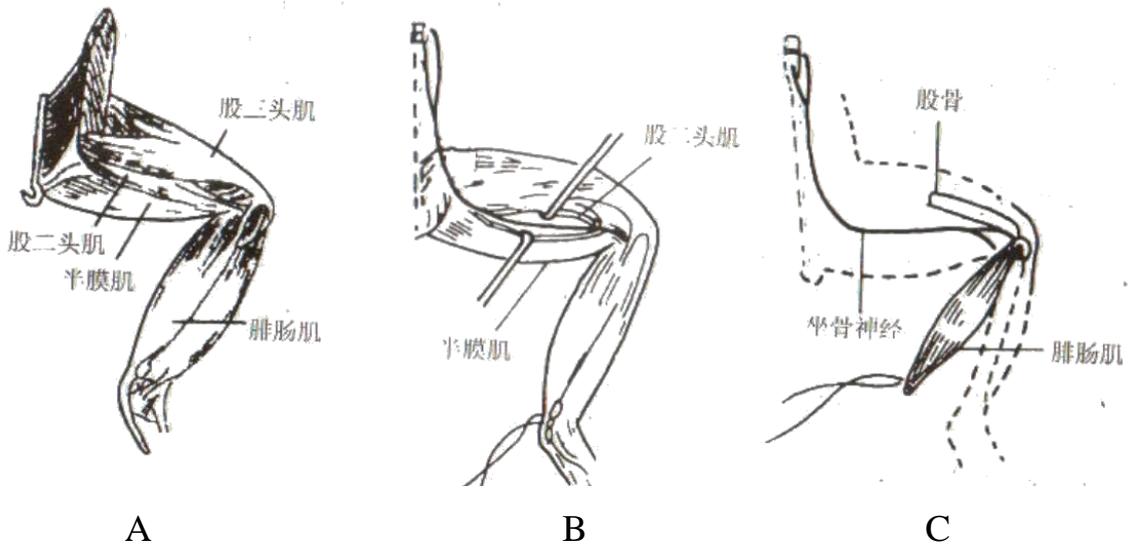


图 2-1-3 坐骨神经腓肠肌标本

2.在体坐骨神经腓肠肌标本制备

- (1) 取一只蟾蜍洗净，按操作程序破坏蟾蜍脑和脊髓。
- (2) 剥离一侧下肢自大腿根部起的全部皮肤，然后将标本俯卧位固定于蛙板上。
- (3) 游离坐骨神经，并在神经下穿线备用。然后，分离腓肠肌的跟腱穿线结扎，并连同结扎线将跟腱剪下，一直将腓肠肌分离至膝关节，在膝关节旁钉蛙钉固定住膝关节。至此，在体标本制备完成（图 2-1-4）。

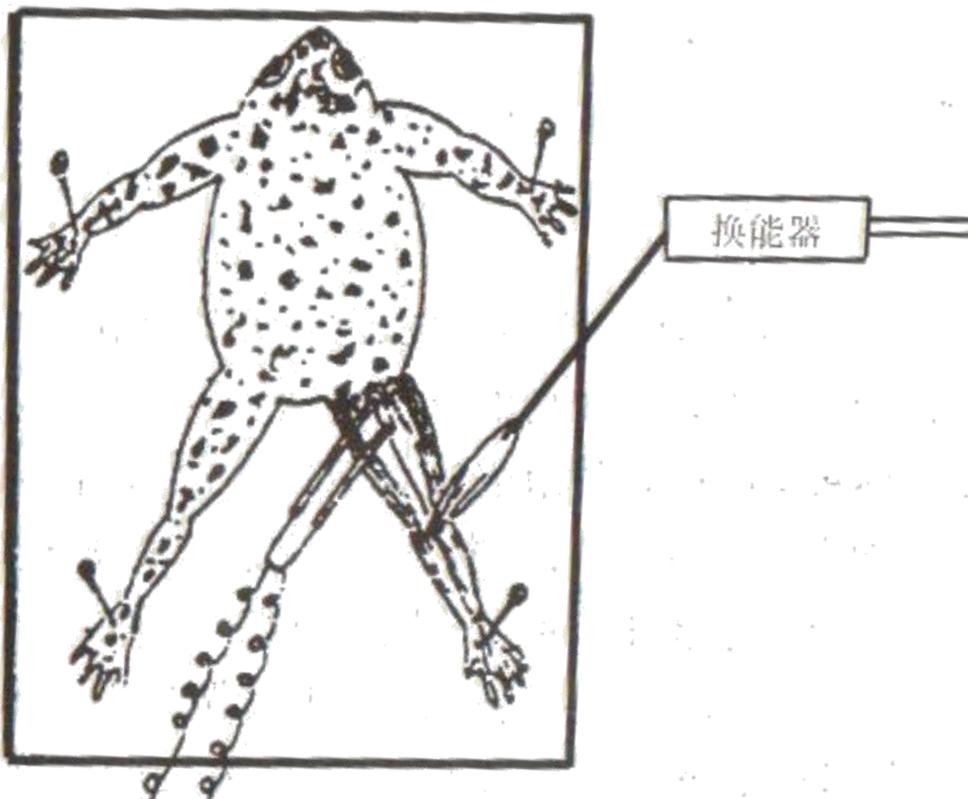




图 2-1-4 在体坐骨神经腓肠肌标本制备

3.观察项目 用浸有林格液的锌铜弓轻触坐骨神经，观察腓肠肌的反应。如腓肠肌发生收缩，表明标本具有正常生理活性，兴奋性良好，说明实验操作成功。将离体坐骨神经腓肠肌标本放在盛有林格液的培养皿中，以备实验之用。

【注意事项】

1. 在制作离体坐骨神经腓肠肌标本分离两腿时，注意不要将坐骨神经剪断。
2. 游离坐骨神经时用玻璃分针，避免使用金属器械。勿损伤、过度牵拉神经和肌肉。
3. 及时添加林格液，保持标本湿润。

【思考题】

为什么锌铜弓一接触坐骨神经就能使腓肠肌发生收缩？

实验二 不同刺激强度和频率对骨骼肌收缩的影响

【实验目的】

1. 观察不同刺激强度对肌肉收缩的影响，从而掌握阈刺激、阈上刺激和最大刺激等概念。
2. 观察不同刺激频率对肌肉收缩的影响，从而了解强直收缩的机制。

【实验原理】

一条坐骨神经干是由许多兴奋性不同的神经纤维所组成的。保持足够的刺激时间不变，刚好能引起其中兴奋性较高的神经纤维产生兴奋，表现为受这些神经纤维支配的肌纤维发生收缩，此时的刺激强度即为这些神经纤维的阈强度，具有此强度的刺激叫阈刺激。随着刺激强度的不断增加，有较多的神经纤维兴奋，肌肉的收缩



反应也相应逐步增大，强度超过阈值的刺激叫阈上刺激。当阈上刺激在增大到某一值时神经中所有纤维均产生兴奋，此时肌肉做最大的收缩。在继续增强刺激强度，肌肉收缩反应不再继续增大。将引起肌肉最大收缩的最小刺激强度的刺激称为最大刺激。不同频率的电脉冲刺激神经时，肌肉会产生不同的收缩反应。若刺激频率较低，每次刺激的时间间隔超过肌肉单次收缩的持续时间，则肌肉的反映应表现为一连串的单收缩；若刺激频率逐渐增加，刺激间隔逐渐缩短，肌肉收缩的反应可以融合，开始表现为不完全强直收缩，以后成为完全强直收缩。

【实验对象】

蟾蜍。

【实验器材】

蛙类解剖手术器材、蛙钉、林格液、铁支架、活动双凹夹或微调固定器、张力换能器、培养皿、ZL-620 生物信号采集处理系统。

【方法和步骤】

1. 制备在体或离体坐骨神经腓肠肌标本（参照“实验一”）。
2. 实验装置

（1）采用离体坐骨神经腓肠肌标本时，将肌动器固定在铁架台的微调固定器上，且与换能器平行，并把标本中预留的股骨固定在肌动器上（图 2-2-1）。采用在体坐骨神经腓肠肌标本时（图 2-2-2），可省略此步骤。

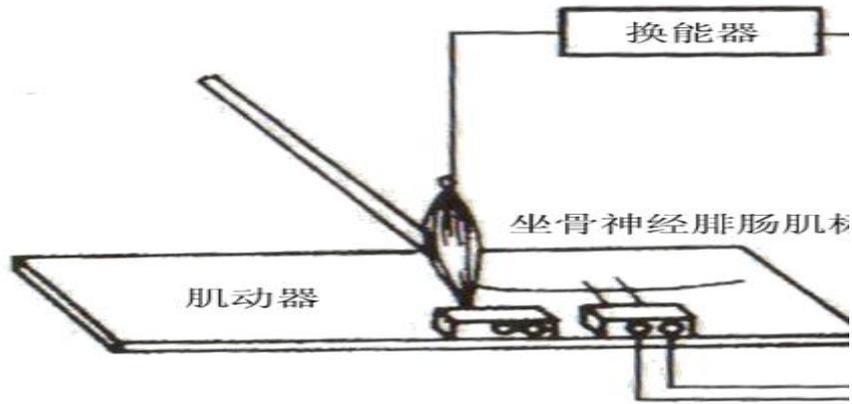


图 2-2-1 离体坐骨神经腓肠肌标本实验装置

(2) 将张力换能器（50g 量程）用活动双凹夹或微调固定器固定在支架上，换能器与桌面平行，腓肠肌的跟腱结扎线固定在张力换能器的簧片上，结扎线与桌面垂直。调节微调固定器的上下转钮，使连线不宜太紧或太松，保持有一定的前负荷。

(3) 把坐骨神经放在刺激保护电极上，保持神经与刺激电极接触良好。ZL-620 生物信号采集处理系统的刺激输出连接保护电极，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。

3. 实验观察

(1) 不同刺激强度对腓肠肌收缩的影响

1) 点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“刺激强度对骨骼肌收缩的影响”，设置放大器、采样和刺激器参数（表 2-2-1），刺激模式也可采用单刺激或主周期刺激，逐步改变刺激幅度。

表 2-2-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数	
显示方式	记录仪	刺激模式	自动幅度调节
采样间隔	1ms	主周期	2s
X 轴显示压缩比	50: 1	波宽	2ms
通道	通道 1	通道 4	初幅度
			0.2V



DC/AC	DC	记录刺激标记	增量	0.05V
处理名称	张力	刺激标记	末幅度	2V
放大倍数	50~100	5~50	脉冲数	1
Y轴压缩比	4: 1	64: 1	延时	1ms

2)逐渐增大刺激强度，找出刚能引起肌肉出现微小收缩的刺激强度（阈强度）。继续增强刺激强度，观察肌肉收缩反应是否也相应增大。继续增强刺激强度，直至肌肉收缩曲线不能继续升高为止。找出刚能引起肌肉出现最大收缩的最小刺激强度，即最大刺激强度。

(2) 不同频率对腓肠肌收缩的影响

1) 点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“刺激频率对骨骼肌收缩的影响”，设置参数（表 2-2-2），刺激模式可采用串刺激。

表 2-2-2 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数			刺激器参数	
显示方式	记录仪		刺激模式	自动幅度调节
采样间隔	1ms		串长	2s
X轴显示压缩比	20: 1		波宽	2ms
通道	通道 1	通道 4	幅度	最大刺激强度
DC/AC	DC	记录刺激标记	首频率	1Hz
处理名称	张力	刺激标记	增量	5Hz
放大倍数	50~100	5~50	末频率	50Hz
Y轴压缩比	4: 1	64: 1	串间隔	5d

2) 选用最大刺激强度刺激，使刺激频率按 1、6、11、16、21、26、31 Hz 逐渐增加，分别记录不同频率时的肌肉收缩曲线，观察不同频率刺激时的肌肉收缩变化，从而引导出单收缩、不完全强直收缩和完全强直收缩（图 2-2-3）。

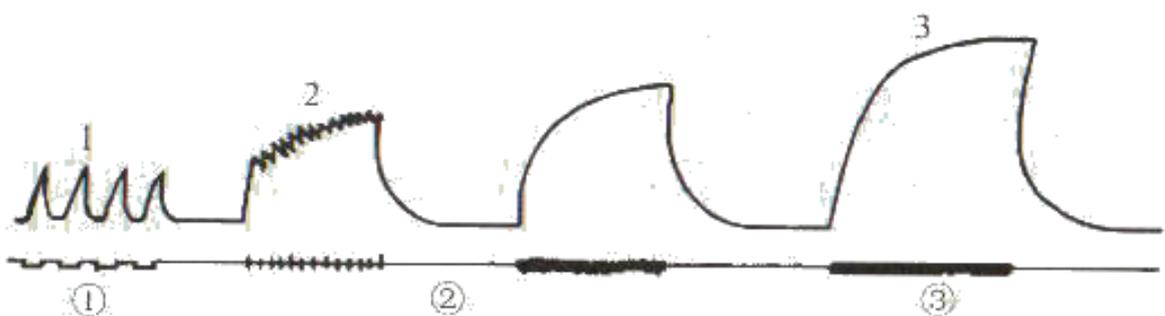




图 2-2-3 骨骼肌单收缩和复合收缩曲线

①单收缩；②不完全强直收缩；③完全强直收缩

【实验结果】

骨骼肌收缩包括收缩和舒张两个时期，测量值主要有：峰值（最大值）、张力增量（发展张力）、收缩新时期和舒张 1/2 间期（图 2-2-4）。

1. 统计全班各组的结果，以平均值±标准差表示，绘制不同刺激强度与腓肠肌收缩张力增量的关系曲线。
2. 统计全班各组的结果，以平均值±标准差表示，绘制不同刺激频率与腓肠肌收缩张力增量（最大时）的关系曲线。
3. 将观察到的结果打印输出或描画于实验报告上。

【注意事项】

1. 在制备离体神经肌肉标本及实验操作过程中，要不断滴加林格液，以防标本干燥而丧失正常生理活性。
2. 操作过程中应避免强力牵拉和手捏神经或夹伤神经、肌肉。
3. 每次刺激之后必须让肌肉有一定的休息时间，特别是在观察刺激频率的影响时。
4. 找准最大刺激强度，不能刺激过强而损伤神经。
5. 实验过程中保持换能器与标本连线的张力不变。

【思考题】

1. 为什么在一定范围内增加刺激强度，骨骼肌收缩力增加？
2. 为什么刺激频率增加时，肌肉收缩幅度也增大？
3. 兴奋是如何通过神经肌肉接头处的？如果刺激直接施加在肌肉上会出现什么现象？



实验三 骨骼肌兴奋时电活动与收缩的关系

【实验目的】

学习骨骼肌动作电位与机械收缩同步记录方法，观察分析骨骼肌兴奋的电变化与收缩之间的时间关系及各自的特点。

【实验原理】

在骨骼肌的兴奋-收缩耦联过程中，骨骼肌兴奋的电变化（动作电位）与收缩（长度与张力变化）是两种不同性质的生理过程，但又密切相关。当肌膜产生动作电位后，根据局部电流原理，动作电位可沿肌膜迅速传播，并经由横管膜进入肌细胞内到达三联体。动作电位形成的刺激使终池膜上的钙通道开放，贮存在终池内的 Ca^{2+} 顺浓度差以易化扩散的方式经钙通道进入胞质到达肌丝区域，使 Ca^{2+} 与细肌丝肌钙蛋白结合，引发肌丝滑行过程，结果使肌细胞收缩。为验证它们之间的关系，必须同步记录这两种生理过程。本实验用张力换能器把蟾蜍腓肠肌的机械收缩转化为电能，使之也以电变化的波形曲线显示，这样就能把肌肉兴奋时的电变化与收缩的机械变化同时引入 ZL-620 生物信号采集处理系统，以观察分析它们之间的特点。

【实验对象】

蟾蜍。

【实验器材】

蛙类解剖手术器材、蛙钉、林格液、腓肠肌固定屏蔽盒、微调固定器、棉花、甘油、张力换能器和 ZL-620 生物信号采集处理系统等。

【方法和步骤】

1. 制备蟾蜍离体坐骨神经腓肠肌标本（标本两端均扎线），浸入林格液备用（制备方法见“实验一”）。



2. 实验装置

- (1) 将离体坐骨神经腓肠肌标本固定在屏蔽盒中。
- (2) 腓肠肌的跟腱结扎经固定在张力换能器的簧片上。
- (3) 坐骨神经放在刺激电极上，保持神经与刺激电极接触良好。
- (4) 棉花引导电极旋转在腓肠肌上，接触良好。
- (5) 启动 ZL-620 生物信号采集处理系统, 点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”, 选择“骨骼肌兴奋时的电活动与收缩的关系”, 设置放大器、采样和刺激器参数 (表 2-3-1)。刺激模式也可采用单刺激、串刺激。

表 2-3-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数				刺激器参数	
显示方式		示波器或记录仪		刺激模式	自动幅度调节
采样间隔		20us		主周期	2s
X 轴显示压缩比		20~100: 1		波宽	0.1ms
通道	通道 2	通道 3	通道 4	幅度	0.5V
DC/AC	AC	DC	记录刺激标记	间隔	50ms
处理名称	动作电位	张力	刺激标记	脉冲数	1
放大倍数	200~1000	50~100	5~50	延时	1ms
Y 轴压缩比	4: 1	4: 1	64: 1	周期数	连续

3. 实验观察

- (1) 观察腓肠肌的单收缩：用 1~2s 的主周期刺激坐骨神经，观察腓肠肌的单收缩曲线、动作电位波形和刺激标记以及三者之间的时间关系，计算从动作电位起点到肌肉收缩起点的时差 (图 2-3-1)。

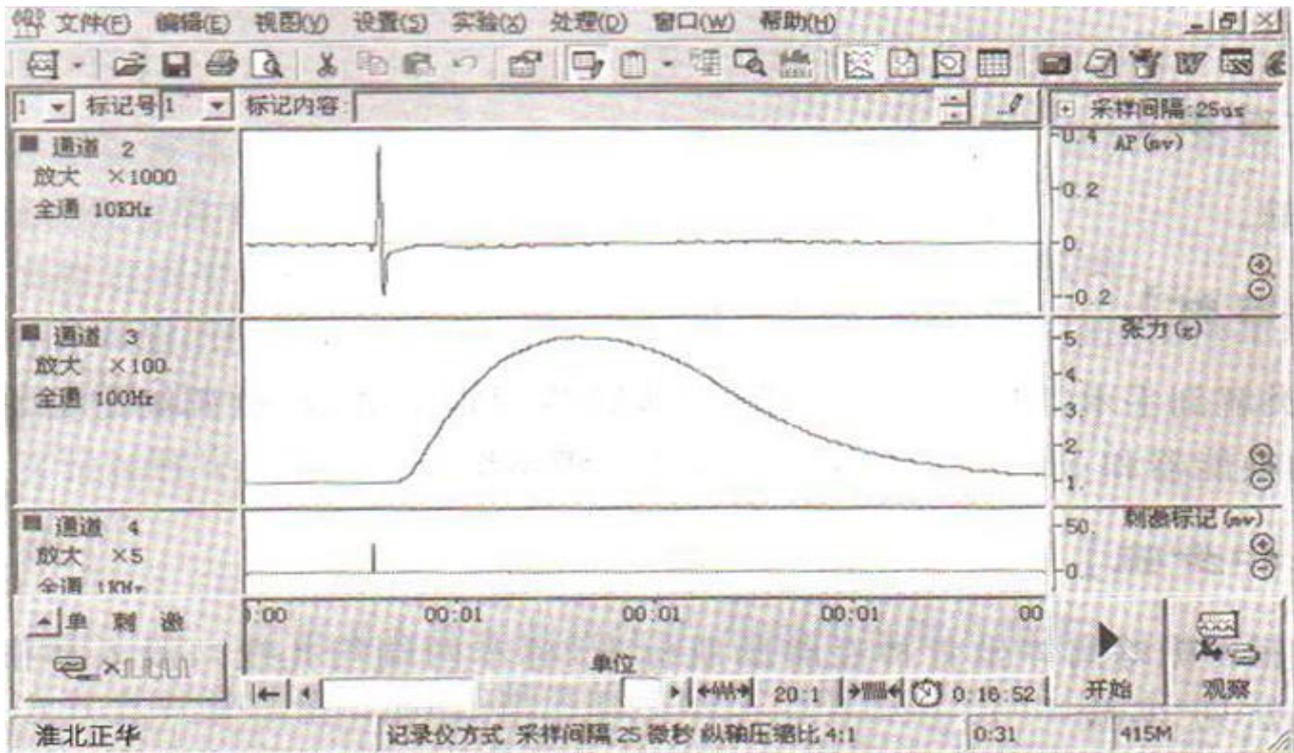


图 2-3-1 骨骼肌兴奋时的电活动与收缩的关系

- (2) 观察腓肠肌强直收缩：可逐步改变串刺激的刺激频率，观察腓肠肌强直收缩时肌肉收缩曲线、动作电位波形的变化。
- (3) 观察兴奋-收缩去耦联现象：用 1~2s 的主周期刺激坐骨神经，观察腓肠肌的单收缩曲线和动作电位波形，稳定后，用浸泡甘油的棉花盖于腓肠肌上，每隔 30s 刺激坐骨神经一次，观察多少分钟后只出现动作电位，而不出现腓肠肌收缩，为什么？

【实验结果】

将观察到的结果打印输出或描画于报告上。

【思考题】

肌肉发生强直收缩时，动作电位是否发生融合？为什么？

你能否设计一种实验方法以证明肌肉兴奋时电变化触发了机械收缩？



实验四 神经干动作电位及其传导速度的测定

【实验目的】

学习记录神经干复合动作电位的方法，掌握动作电位的测量，了解神经兴奋传导速度及其测定方法，加深理解性和兴奋传导的概念。

【实验原理】

神经干动作电位是神经兴奋的客观标志，给具有兴奋性的神经干以一定强度的刺激，会发生动作电位。处于兴奋部位的膜外电位负于静息部位。当神经冲动通过后，兴奋处的膜外电位又恢复到静息时水平。神经干兴奋过程所发生的这种膜电位变化称神经干动作电位。

如果两引导电极置于正常完整的神经干表面，当神经干一端兴奋后，兴奋波先后通过两个引导电极处，可记录到两个方向相反的电位偏转波形，称为双相动作电位。如果两个引导电极之间的神经组织有操作，兴奋波只通过第一个引导电极，不能传导至第二个引导电极，则只能记录到一个方向的电位偏转波形，称为单相动作电位。

神经干由很多神经纤维组成，故神经干动作电位与单根神经纤维的动作电位不同，它是由许多神经纤维动作电位综合成的综合性电位变化。此外，这是在细胞外记录，与细胞内记录不同。所以，神经干动作电位幅度在一定范围内可随刺激强度的变化而变化。

动作电位在神经纤维上的传导有一定的速度。不同类型的神经传导速度（ v ）各不相同，神经纤维越粗，则传导速度越快。蛙类坐骨神经干中以 $A\alpha$ 类纤维为主，传导速度大约 35~40m/s。

测定神经冲动在神经干上传导的距离（ s ）与通过这些距离所需的时间（ t ），即



可根据 $v = s/t$ 求出神经冲动的传导速度。

【实验对象】

蟾蜍或蛙。

【实验器材】

蛙类手术器械、标本屏蔽盒、带电极的接线若干、林格液、ZL-620 生物信号采集处理系统。

【方法和步骤】

1. 制备蟾蜍坐骨神经干标本

(1) 方法一：标本制备方法与坐骨神经腓肠肌标本制备方法大体相同。应注意：

- 1) 神经干应尽可能分离得长一些。要求上自脊椎附近的主干，下沿腓总神经与胫神经一直分离至踝关节附近为止。
- 2) 神经干分离过程中切勿损伤神经组织，以免影响实验效果。
- 3) 神经两端要用细线扎住，然后浸于林格液中备用。

(2) 方法二：取剥皮后的蟾蜍下部躯干，取俯卧位，用尖头镊夹住骶骨尾端稍向上提，用组织剪水平剪除骶骨。然后将标本仰卧，用玻璃分针分离脊柱两侧坐骨神经干，穿线，紧靠脊柱分别结扎神经，并剪断神经，提起线头，从骶骨剪口处穿向背侧，将标本俯卧，用大头针将标本成“人”字形固定。用手轻提一侧结扎神经的线头，辨清坐骨神经走向，然后置剪刀于神经与组织间，剪刀与下肢成 30° 角，紧贴股骨、腘窝，顺神经走向把神经连同肌肉一起剪下，直至跟腱，剪断跟腱和神经。提起剪下的神经肌肉标本，用镊子夹住腓肠肌表面，顺神经干向轻拉，去除肌肉组织后，一根坐骨神经干标本便制备好了。



2. 连接实验装置

- (1) 按图 2-4-1 所示用导线连接实验仪器。ZL-620 的刺激输出连接一对刺激电极，两对引导电极连接 ZL-620 的 CH2 和 CH4 两个通道，地线接地。必须避免连接错误或接触不良。

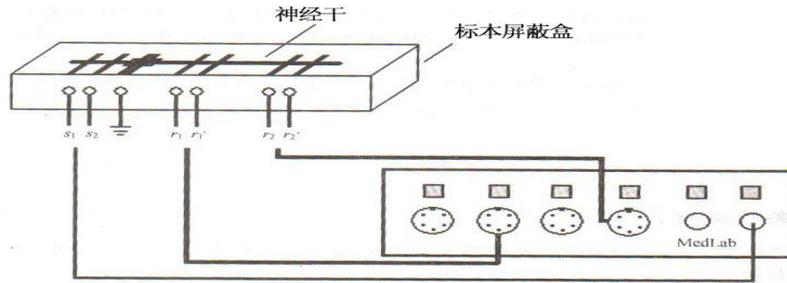


图 2-4-1 观察神经干动作电位及测定神经冲动传导速度装置图

- (2) 标本屏蔽盒内衬以浸湿林格液的滤纸，以增加盒内空气湿度，防止神经干迅速干燥。
- (3) 将神经干标本旋转在刺激电极、接地电极和引导电极上。
- (4) 启动 ZL-620 生物信号采集处理系统，点击菜单“实验/常用生理学实验”，选择“神经干动作电位”，设置参数（表 2-4-1）。刺激模式也可采用单刺激或主周期刺激，逐步改变刺激幅度。

表 2-4-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数	
显示方式	记忆示波	刺激模式	自动幅度调节
采样间隔	25us	主周期	1s
X 轴显示压缩比	2: 1	波宽	0.1ms
通道	通道 2	通道 4	初幅度
DC/AC	AC	AC	0.2V
处理名称	神经干 AP	AP 传导速度	增量
放大倍数	200~1000	200~1000	0.02V
Y 轴压缩比	4: 1	4: 1	末幅度
			1V
			脉冲数
			1
			延时
			5ms

3. 实验观察



- (1) 观察不同刺激强度对神经干动作电位的影响：逐渐增大刺激强度，找出刚能引起微小的神经干动作电位的刺激强度（阈强度）。继续增强刺激强度，神经干动作电位也相应增大。当动作电位增至最大时（不再随刺激强度而增大），该刺激强度即为最大刺激强度。
- (2) 仔细观察双相动作电位波形。读出最大刺激时双相动作电位上下相的幅度和整个动作电位持续时间。
- (3) 观察把神经干标本旋转方向倒换后双相动作电位波形有何变化。
- (4) 测定动作电位传导速度
 - 1) 给予神经干最大刺激强度的刺激，在通道 2、4 的采样窗中，可观察到先后形成的两个双相动作电位波形。
 - 2) 分别测量从刺激伪迹到两个动作电位起始点的时间，设通道 2 为 t_1 ，通道 4 为 t_2 （或可直接测量两个动作电位起点的间隔时间），求出 $t_2 - t_1$ 的时间差值。
 - 3) 测量标本屏障盒中 CH2 与 CH4 两对引导电极之间的距离 s （应测 $r_1 \sim r_2$ 的间距）。
- (5) 观察和测定单相动作电位波形（在损伤神经标本之前，可先做“神经干动作电位不应期的测定”的实验）。
 - 1) 用镊子将 CH4 两个记录电极之间的神经夹伤或用药物阻断，再刺激时呈现单相动作电位。
 - 2) 读出最大刺激时单相动作电位的振幅值和整个动作电位持续时间数值。
 - 3) 比较单相动作电位的上升时间和下降时间的长短，并分析与双相动作电位波形的关系。

【实验结果】

1. 找出波宽为某一数值时的阈上刺激范围，并记下阈刺激、最大刺激的数值。
2. 打印双相与单相动作电位波形，测出其最大幅值及持续时间。
3. 计算神经冲动的传导速度： $v = s / (t_2 - t_1)$ (m/s)。



实验五 神经兴奋不应期的测定

【实验目的】

了解蛙类坐骨神经干动作电位发生后，神经干自身兴奋性的规律的变化。

【实验原理】

神经组织和其他可兴奋组织一样，在接受一次刺激产生兴奋以后，其兴奋性将会发生规律性的变化，依次经过绝对不应期、相对不应期、超常期和低常期，然后再回到正常的兴奋水平。为了测定神经发生一次兴奋后兴奋性的变化，采用双脉冲刺激。可先给予一个中等强度的阈上刺激，在神经发生兴奋后，按不同时间间隔给予第二个刺激。以第二个刺激是否引起动作电位以及幅度的改变来测定神经兴奋性变化规律。测出神经干的不应期。

【实验对象】

蟾蜍或蛙。

【实验器材】

蛙类手术器械、标本屏蔽盒、带电极的接线若干、林格液、ZL-620 生物信号采集处理系统。

【方法和步骤】

4. 制备蟾蜍坐骨神经干标本（方法同上一实验）。
5. 连接实验装置（同上一实验）。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“神经干动作电位不应期的测定”，设置 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数（表 2-5-1），刺激模式也可以采用主周期刺激的刺激，脉冲数设为 2。

表 2-5-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数	
显示方式	记忆示波	刺激模式	自动幅度调节



采样间隔	25us	主周期	1s	
X 轴显示压缩比	2: 1	波宽	0.1ms 首间隔	
通道	通道 2	通道 4	增量	-0.2ms
DC/AC	AC	记录刺激标记	处理名称	
神经干 AP	刺激标记		末间隔	1ms
放大倍数	200~1000	5~50	脉冲数	2
Y 轴压缩比	8: 1	16: 1	延时	5ms

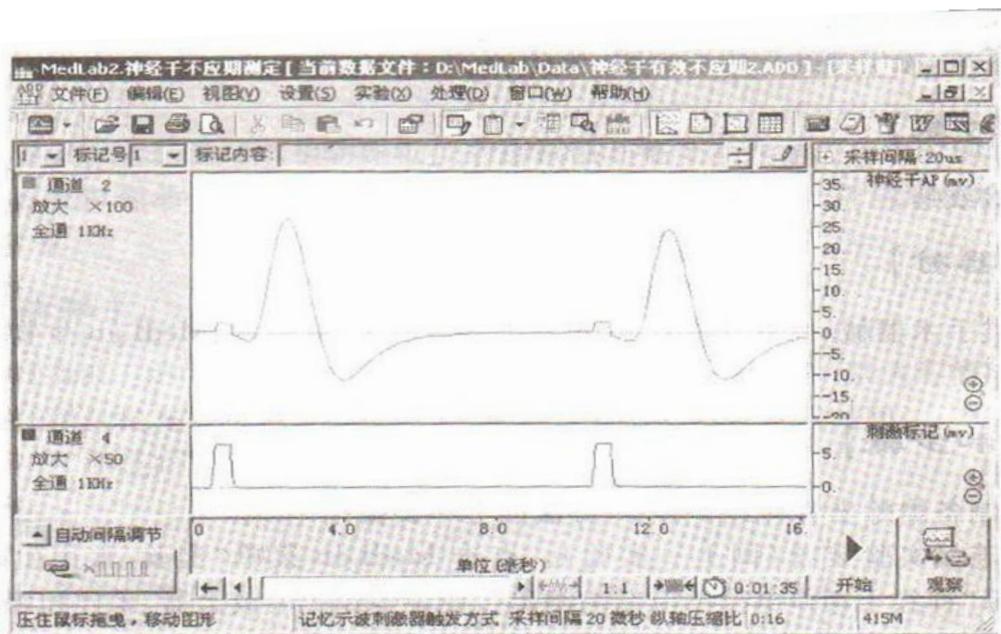
3.实验观察 给予神经干最大刺激强度，逐步改变刺激间隔时间，随着双脉冲时间间隔的缩短，逐渐缩短两个刺激方波之间的间隔（图 2-5-1），可见第二个动作电位向第一个动作电位逐渐靠近，当第二个动作电位幅值开始减小时，记下刺激间隔（ T_2 ）；继续缩短刺激间隔直到第二个动作电位消失，记下此时的刺激间隔（ T_1 ）。动作电位开始至 T_1 绝对不应期， T_1 至 T_2 大致为相对不应期。

【实验结果】

1. 将观察到的结果打印输出或描画于报告上。
2. 标出神经干动作电位不应期。

【思考题】

在接受一次刺激产生兴奋以后，神经干为什么会出现不应期？





实验六 神经-肌肉接头兴奋的传递和阻滞

【实验目的】

通过本实验的观察，加深理解神经-肌肉接头兴奋的传递过程。

【实验原理】

神经-肌肉接头处是由接头前膜、接头后膜和它们之间的接头间隙三部分组成。运动神经纤维到达骨骼肌细胞时，其末梢失去髓鞘，嵌入肌细胞膜。当动作电位到达神经末梢时，接头前膜的电压门控 Ca^{2+} 离子通道打开，可引起大量 Ca^{2+} 由胞外进入。接头前膜将乙酰胆碱分子释放到接头间隙。乙酰胆碱通过接头间隙到达接头后膜（终板膜）时，立即与接头后膜上乙酰胆碱受体（N 受体）通道蛋白质结合，使通道开放，允许 Na^+ 、 K^+ 等通过，但以 Na^+ 内流为主，因而引起终板膜静息电位减小，即产生终板膜的去极化，称为终板电位。一次终析电位一般都大于相邻肌膜阈电位的 3~4 倍，所以它很容易引起邻近肌细胞膜爆发动作电位，也就是引起骨骼肌细胞的兴奋。本实验既要引导神经的动作电位，又要记录肌肉的收缩，从而证明神经冲动通过肌接头的化学传递引起肌肉的收缩。

【实验对象】

蟾蜍。

【实验器材】

蛙类解剖手术器材、蛙钉、林格液、箭毒、腓肠肌固定屏蔽盒、微调固定器、张力换能器和 ZL-620 生物信号采集处理系统等。

【方法和步骤】

3. 制备蟾蜍离体坐骨神经腓肠肌标本（标本两端均扎线），浸入林格液备用（制备方法见“实验一”）。



4. 实验装置

- (1) 将离体坐骨神经腓肠肌标本固定在屏蔽盒中。
- (2) 腓肠肌的跟腱结扎线固定在张力换能器的簧片上。
- (3) 坐骨神经放在刺激、接地、引导电极上，保持神经与电极接触良好。刺激电极与引导电极间的接地电极接地，引导电极引导神经干动作电位。
- (4) 打开计算机，启动 ZL-620 生理信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“神经-肌接头兴奋的传递和阻滞”。设置 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数（表 2-6-1），刺激模式也可采用单刺激、串刺激。

表 2-6-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数				刺激器参数	
显示方式	示波器或记录仪			刺激模式	自动幅度调节
采样间隔	20us			主周期	5s
X 轴显示压缩比	20~100: 1			波宽	0.1ms
通道	通道 2	通道 3	通道 4	幅度	0.5V
DC/AC	AC	DC	记录刺激标记	间隔	50ms
处理名称	动作电位	张力	刺激标记	脉冲数	1
放大倍数	200~1000	50~100	5~50	延时	1ms
Y 轴压缩比	4: 1	4: 1	64: 1	周期数	连续

5. 实验观察

- (1) 观察腓肠肌的收缩活动：用 2~5S 的主周期刺激坐骨神经，观察腓肠肌的单一收缩曲线、神经干动作电位波形和刺激标记以及三者之间的时间关系，计算从动作电位起点到肌肉收缩起点的时差。
- (2) N 受体阻断剂的作用：在腓肠肌的两端给予肌内注射箭毒各 0.1ml（1mg）。并用浸泡有箭毒的薄层棉花盖于腓肠肌上，每隔 60s 刺激坐骨神经一次，观察多少分钟后只出现神经干动作电位，而不出现腓肠肌收缩，为什么？



【实验结果】

将观察到的结果打印输出或描画上报告上。

【思考题】

N 受体阻断剂起作用后，有无办法又使腓肠肌收缩？

实验七 红细胞渗透脆性测定

【实验目的】

1. 学习测定红细胞渗透脆性的实验操作方法。
2. 理解细胞外液渗透张力对维持细胞正常形状和功能的重要性。

【实验原理】

红细胞膜对低渗溶液具有一定的抵抗力，这一特征称红细胞的渗透脆性。细胞膜对低渗溶液所具有的抵抗力越大，红细胞在低渗溶液中越不容易发生溶血，即红细胞渗透脆性越小。渗透脆性试验可反映红细胞渗透脆性的大小，正常红细胞在 0.40%~0.45%NaCl 溶液中开始出现部分溶血，0.30%~0.35%NaCl 溶液中出现完全溶血。将血液滴入不同浓度的低溶液中，可检查红细胞膜对于低渗溶液抵抗力的大小。开始出现溶血现象的低渗溶液浓度为该血液红细胞的最小抵抗力，即最大脆性；出现完全溶血时的低渗溶液浓度则为该血液红细胞的最高抵抗力，即最小脆性。

【实验对象】

兔。

【实验器材】

抗凝血液、10ml 小试管、试管架、滴管、1ml 吸管、1%NaCl 溶液、蒸馏水。

【方法和步骤】

1. 溶液配制 取小试管 10 个，编号后排列于试管架上，按表 2-7-1 要求向各试



管加入不同体积的 1%NaCl 溶液和蒸馏水，配制出 10 种不同浓度的 NaCl 的低渗溶液（表 2-71）。

表 2-7-1 10 各不同浓度的氯化钠低渗溶液

试管号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1%NaCl 溶液 (ml)	0.90	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
蒸馏水 (ml)	0.10	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75

2.加抗凝血 用滴管吸取抗凝血，在各试管中各加 1 滴，摇匀，静置 30min。

3.观察结果 根据各管中液体颜色和混浊度的不同，判断红细胞脆性。

(1) 未发生溶血的试管（-）：液体下层为混浊红色，上层为无色，表明无红细胞破裂。

(2) 部分溶血的试管（±）：液体下层为混浊红色，上层出现透明红色，青蛙部分红细胞已破裂，称为不完全溶血。

(3) 全部溶血的试管（+）：液体完全透明红色，表明红细胞完全破裂，称为完全溶血。

【实验结果】

记录红细胞渗透脆性的范围。

【注意事项】

1. 配制不同浓度的低渗溶液时，小试管应干燥。加抗凝血量要准确一致，只加 1 滴。
2. 混匀时，用手指堵住试管口，轻轻倾倒 1~2 次，减少机械震动，避免人为的溶血。
3. 抗凝剂量好用肝素，其他抗凝剂可改变溶液的渗透压。

【思考题】

1. 红细胞的形态特点与生理特征有何关系？
2. 根据结果分析血浆晶体渗透压保持相对稳定的生理意义。



实验八 出血时间和凝血时间的测定

【实验目的】

学习出血时间、凝血时间的测定方法。

【实验原理】

出血时间是指从小血管破损出血起至自行停止出血所需的时间，实际是测量微小血管口封闭所需时间。出血时间的长短与小血管的收缩、血小板的黏着、聚集、释放以及收缩等功能有关。出血时间测定，可检查生理止血过程是否正常及血小板的数量和功能状态。凝血时间是指血液流出血管到出现纤维蛋白细丝所需的时间，测定凝血时间主要反映有无凝血因子缺乏或减少。

【实验对象】

人。

【实验器材】

采血针、75%酒精棉球、干棉球、秒表、滤纸条、玻片及大头针等

【方法和步骤】

3. 出血时间的测定 以 75%酒精棉球消毒耳垂或末节指端后，用消毒后的采血针快速刺入皮肤 2~3mm 深，让血自然流出。立即记下时间，每隔 30 秒用滤纸条轻触血液，吸去流出的血液，使滤纸上的血点依次排列，直到无血流出为止，记下开始出血至停止出血的时间，或以滤纸条上血点数除以 2 即为出血时间。正常人约为 1~4min。
4. 凝血时间的测定 操作同上，刺耳垂或指端后，用玻片接下自然流出的第一滴血，立即记下时间，然后每隔 30s 用针尖挑血一次，直至挑起细纤维血丝止。从开始流血到挑起细纤维血丝的时间即为凝血时间。



正常人约为 2~8min。

【注意事项】

1. 采血针应锐利，让血自然流出，不可挤压。刺入深度要适宜，如果过深，组织受损过重，反而会使凝血时间缩短。
2. 针尖挑血，应朝向一个方向横穿直挑，勿多方向挑动和挑动次数过多，以免破坏纤维蛋白网状结构，造成不凝血假象。

【思考题】

1. 出血时间和凝血时间延长的临床意义。
2. 试述正常的生理止血过程。

实验九 影响血液凝固的因素

【实验目的】

本实验通过测定各种条件下血液凝固所需的时间，了解影响血液凝固的一些因素。

【实验原理】

根据血液凝固过程中凝血酶原激活物形成途径的不同，可将血液凝固分为内源性激活途径和外源性激活途径。内源性凝血是指参与凝血过程的因子全部在血浆中，由因子XII的激活开始；外源性凝血是由于血管、组织受损，血管壁及组织中的组织因子（因子III）进入血管内，与血管内的凝血因子共同作用而启动的。本实验采用兔颈总动脉放血、取血，血液几乎未与组织因子接触。凝血过程主要是由内源性凝血系统所发动。肺组织浸液中含有丰富的组织因子，在试管中加入肺组织浸液，以观察外源性凝血系统的作用。

【实验器材】



兔手术台、哺乳动物手术器械一套、动脉夹、细塑料管（或静脉插管）、注射器、20%氨基甲酸乙酯溶液、试管 8 支、小烧杯 2 个、试管架、竹签 1 束、冰块、液状石蜡、肝素（取 12 500U/2ml 肝素 1 支，加生理盐水至 1562.5ml，即成 8U/ml 浓度的肝素）、2%草酸钾溶液、生理盐水、肺组织浸液（取兔肺剪碎，洗净血液，浸泡于 3~4 倍量的生理盐水中过夜，过滤收集的滤液即肺组织浸液存入冰箱中备用）。

【方法和步骤】

1. 静脉注射 20%氨基甲酸乙酯溶液，按 5ml/kg 的量将兔麻醉，仰卧固定于兔手术台上。正中切开颈部，分离一侧颈总动脉，远心端用线结扎阻断血液，近心端夹上动脉夹，在动脉夹当中斜向剪上小口，插入细塑料导管，结扎固定导管，以备取血。

2. 准备好试管（试管的口径与大小应一致）

试管 1 不加任何任何处理（对照管）；试管 2 用液状石蜡润滑整个试管内表面；试管 3 内放少许棉花

试管 4 置于有冰块的小烧杯中；试管 5 内加肝素 8U

试管 6 内加草酸钾 1~2mg；试管 7 内加肺组浸液 0.1ml

3. 放开动脉夹，每管加入血液 2ml。将多余的血盛于小烧杯中，并不断用竹签搅动至纤维蛋白形成。

4. 记录凝血时间 每个试管加血 2ml 后，即刻开始记录，每隔 15s 倾斜一次，观察血液是否凝固，至血液成为凝胶状不再流动为止记下所经历的时间。

5、6、7 号试管加入血液后，用拇指盖住试管口将试管颠倒两次，使血液与药物混合。

【实验结果】



将实验结果及各种条件下的凝血按表（表 2-9-1）填写，并进行解释。

表 2-9-1 血液凝因及其影响因素

试管编号	实验处理	实验结果及凝血时间
1	空管	
2	用液状石蜡润滑整个试管内表面	
3	内放少许棉花	
4	置于有冰块的小烧杯中	
5	内加肝素 8U	
6	同加草酸钾 1~2mg	
7	同加肺组织浸液 0.1ml	
小烧杯（放血约 10ml）	血盛于小烧杯中，用竹签搅动，约 2~3min 后取出竹签，用水洗净，观察纤维蛋白。观察此烧杯内的去纤维蛋白是否凝固	

【思考题】

1. 分析上述各因素影响血液凝固时间的机制。
2. 不凝的这几管是否可以设法使它恢复凝血？

实验十 ABO 血型的测定

【实验目的】

1. 观察红细胞凝集现象。
2. 学习鉴定血型的方法，掌握 ABO 血型鉴定的原理。

【实验原理】

ABO 血型以红细胞膜表面 A、B 凝集原有有有及种类来分型，在 ABO 血型系统中还包括血浆中的凝集素。当 A 凝集原与抗 A 凝集素相遇或 B 凝集原与抗 B 凝集素相遇时，将发生特异性红凝集反应。因此，可用已知标准血清中的凝集素（A 型标准血清含抗 B 凝集素，B 型标准血清含抗 A 凝集素）去测定受检者红细胞膜上未知的凝集原，根据是否发生红细胞凝集反应来确定血型。

【实验对象】



正常人。

【实验器材】

显微镜、采血针、A型和B型标准血清、双凹玻片、竹签、75%酒精棉球、干棉球、玻璃蜡笔。

【方法和步骤】

1. 取干净双凹玻片一块，用玻璃蜡笔在两端分别标明A、B字样。
2. 在A端、B端凹面中央分别滴入A型和B型标准血清各一滴。
3. 消毒耳垂或指端后，用消毒采血针刺破皮肤，分别用竹签刮取1~2滴血，使其分别与A型和B型标准血清充分混匀。放置1~2min后用肉眼观察有无凝集现象，肉眼不易分辨者用低倍显微镜观察。
4. 根据有无凝集现象判定血型（图2-10-1）。

【注意事项】

1. 采血针和采血过程必须严格消毒，以防感染。
2. 滴标准血清的滴管和混匀用的竹签各2只（根）必须专用，两种标准血清绝对不能混淆。
3. 注意区别凝集现象与红细胞叠连现象。发生红细胞凝集时，肉眼观察呈朱红色颗粒，且液体变得清亮。未发生红细胞凝集时，肉眼观察呈云雾状且液体略显混浊。

【思考题】

已知甲某的血型为A型（或B型），在无标准血清的情况下，能否测出乙某的血型？



实验十一 心室期前收缩与代偿间歇及不应期的测定

【实验目的】

本实验通过观察在心脏活动的不同时期给予刺激，以验证心肌的兴奋性周期性变化的特征。

【实验原理】

心肌每兴奋一次，其兴奋性就发生一次周期性的变化。心肌兴奋性的特点在于其有效不应期特别长，约相当于整个收缩期和舒张早期。因此，在心脏的收缩期和舒张早期内，任何刺激均不能引起心肌兴奋而收缩，但在舒张早期以后，一次较强的阈上刺激就可以在正常节律性兴奋到达以前，产生一次提前出现的兴奋和收缩，称之为期前收缩。同理，期前收缩也有不应期。因此，如果下一次正常的窦性节律性兴奋到达时正好落在期前收缩的有效不应期内，便不能引起心肌兴奋和收缩。这样，在期前收缩之后就会出现一个较长的舒张期，这就是代偿间歇。

【实验对象】

蟾蜍。

【实验器材】

蛙类解剖手术器材、蛙钉、蛙板、林格液、铁支架、张力换能器、培养皿、滴管、蛙心夹、微调固定器、刺激电极、ZL-620 生物信号采集处理系统。

【方法和步骤】

1. 蟾蜍心室期前收缩与代偿间歇的观察

(1) 蛙心标本：可采用在体蛙心标本或离体蛙心标本。在体蛙心标本制作简易，但离体蛙心标本实验结果较典型。

1) 在体蛙心标本：①取蟾蜍一只，破坏脑和脊髓，将其仰卧固定于蛙板上。



从剑突下将胸部皮肤向上剪开（或剪掉），然后剪掉胸骨，打开心包，暴露心脏。②将与张力换能器有连线的蛙心夹在心室舒张期夹住心尖。将刺激电极固定，使其两极与心室相接触。③按图 2-11-1 连接线路，张力换能器接 ZL-620 第一通道（亦可选择其他通道）。刺激电极与心室接触良好，连接 ZL-620 刺激输出。

2) 离体蛙心标本：离体蛙心标本的制备见“离体蛙心灌流”实验。将与张力换能器有连线的蛙心夹经滑轮在心室舒张期夹住心尖。将刺激电极固定，使其两极与心室相接触。按图 2-11-2 连接线路，张力换能器接 ZL-620 第一通道（亦可选择其他通道）。刺激电极与心室接触良好，连接 ZL-620 刺激输出。

(2) 打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“期前收缩与代偿间歇”。ZL-620 放大器、采样和刺激器参数如表 2-11-1 所示。

(3) 实验观察

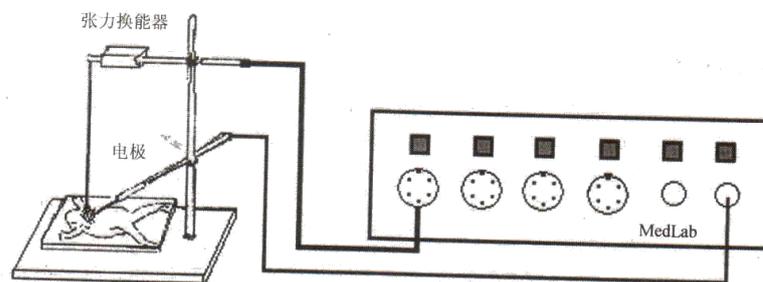


图 2-11-1 在体蛙心期前收缩实验仪器连接方法

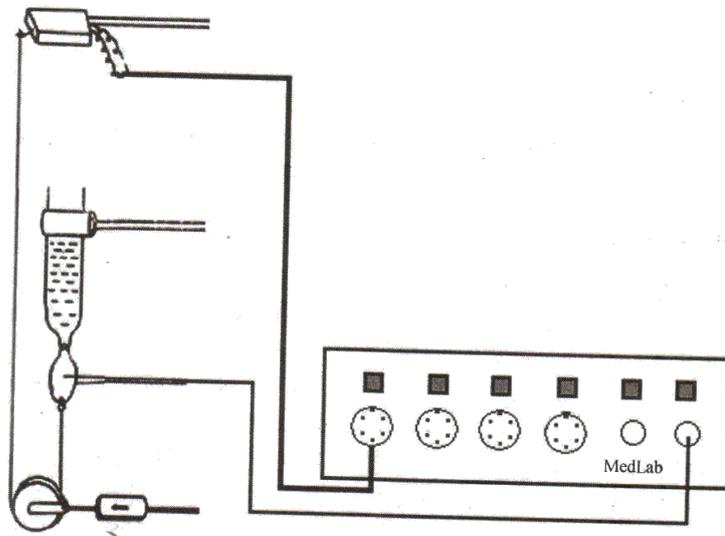


图 2-11-2 离体蛙心期前收缩实验仪器连接方法

- 1) 描记正常蛙心的搏动曲线，观察曲线的收缩相和舒张相。
- 2) 用中等强度的单个阈上刺激分别在心室收缩期和舒张早期刺激心室，观察能否引起期前收缩。
- 3) 用同等强度的刺激在心室舒张早期之后刺激心室，观察有无期前收缩的出现。

表 2-11-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数

采样参数		刺激器参数	
显示方式	记录仪	刺激模式	单刺激
采样间隔	2ms	延时	1ms
X 轴显示压缩比	50: 1	波宽	1~5ms
通道	通道 1	通道 4	幅度
DC/AC	DC	记录刺激标记	3~5V
处理名称	张力	刺激标记	
放大倍数	50~100	5~50	
Y 轴压缩比	4: 1	64: 1	

- 4) 刺激如能引起期前收缩，观察其后是否出现代偿间歇（图 2-11-3）。

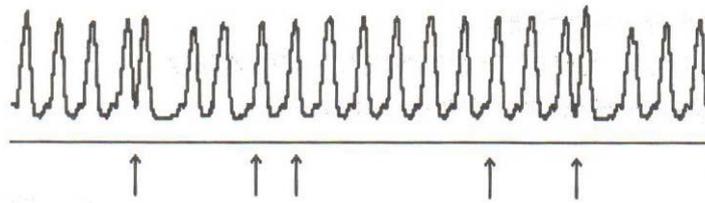


图 2-11-3 期前收缩和代偿间歇

注：箭头表示给予刺激

2. 心肌有效不应期的测定

(1) 制备离体蛙心标本：根据离体蛙心灌流的方法插好蛙心套管，并游离出胸腔，悬挂固定于铁支架。

(2) 用焊接有细导线的蛙心夹夹住蛙心尖部，用另一细导线置于蛙心插管的林格液内。此两线与 ZL-620 输入线相连，以记录心电活动。

(3) 安置刺激电极：剪去蛙心静脉窦，将一对针形电极置于心室，接刺激输出线起搏心脏。

(4) 启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“心肌有效不应期”。设置 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数（表 2-11-2）。

(5) 实验观察

1) 改变刺激强度，找出起搏蛙心的阈强度。

2) 用 2 倍阈强度刺激蛙心，起搏心脏，记录起搏蛙心的心电曲线。

3) 每 10 个左右正常起搏后，将主周期刺激的脉冲数设为 2，即插入一个额外刺激，引起心室发生额外兴奋。调节主周期刺激的脉冲间隔，使间隔时间逐步缩短。当间隔时间缩短到某一值时，脉冲 2 不再引起心室额外兴奋，此间隔时间即为蛙



心室肌的有效不应期。

表 2-11-2 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数		
显示方式	示波器（刺激器同步）		刺激模式	主周期刺激
采样间隔	100us		主周期	1
X 轴显示压缩比	50: 1		波宽	0.1ms
通道	通道 3	通道 4	幅度	1V
DC/AC	AC	记录刺激标记	间隔	50ms
处理名称	心电	刺激标记	脉冲姿	1
放大倍数	100~500	5~50	延时	1ms
Y 轴压缩比	4: 1	64: 1	周期数	连续

【注意事项】

1. 破坏蛙的脑和脊髓要完全。
2. 蛙心夹与张力换能器间的连线应有一定的紧张度。
3. 注意滴加林格液，以保持蛙心适宜的环境。

【思考题】

1. 在心脏的收缩期和舒张早期分别给予心室一个中等强度的阈上刺激，能否引起期前收缩？为什么？
2. 在期前收缩之后，为什么会出出现代偿间歇？在什么情况下期前收缩之后可以不出现代偿间歇？
3. 心肌存在不应期的实验依据是什么？
4. 测定心肌不应期是否必须对心脏进行人工起搏？



实验十二 离体蛙心灌流

【实验目的】

1. 学习离体蛙心的灌流方法。
2. 观察钠、钾、钙三种离子以及肾上腺素、乙酰胆碱等因素对心脏活动的影响。

【实验原理】

作为蛙心起搏点的静脉窦能按一定节律自动产生兴奋。因此，只要将离体失去神经支配的蛙心保持在适宜的环境中，在一定时间内仍能产生节律性兴奋和收缩活动；另一方面，心脏正常的节律性活动有赖于内环境理化因素的相对稳定，所以改变灌流液的成分，则可以引起心脏活动的改变。

【实验对象】

蟾蜍。

【实验器材】

蛙类解剖手术器材、蛙钉、蛙板、林格液、滴管、蛙心夹、蛙心插管、微调固定器、铁支架、滑轮、搪瓷杯、缝线、张力换能器、培养皿、ZL-620 生物信号采集处理系统。0.65%NaCl、2%CaCl₂、1%KCl、1: 10000 肾上腺素溶液和 1: 10000 乙酰胆碱溶液。

【方法和步骤】

1. 离体蛙心制备

(1) 取蟾蜍一只，捣毁脑和脊髓，将其仰卧固定于蛙板上。从剑突下将胸部皮肤向上剪开（或剪掉），然后剪掉胸骨，打开心包，暴露心脏（图 2-12-1）。

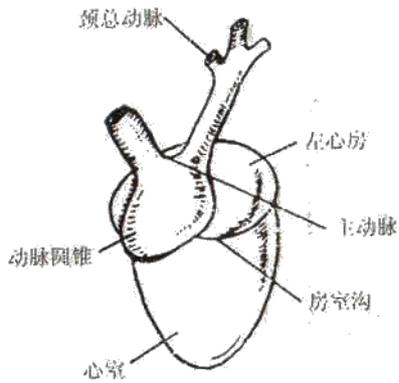


图 2-12-1 蛙心各部分组成示意图

(2) 在主动脉干下方穿 2 根线。一条在左主动脉上端结扎作插管时牵引用，另一根则在动脉圆锥上方系一松结，用于结扎和固定蛙心插管。

(3) 左手持左主动脉上方的结扎线，用眼科剪在松结上方左主动脉根部剪一小斜口，右手将盛有少许林格液的大小适宜的蛙心插管由此剪口处插入动脉圆锥。当插管冰到达动脉圆锥时，再将插管稍稍后退，并转向心室中央方向，在心室收缩期插入心室（图 2-12-2）。蛙心插管是否进入心室，可根据插管内林格液的液面是否能随心室的舒缩而上下波动来判断。如蛙心插管已进入心室，则将预先准备好的检结扎紧，并固定在蛙心插客的侧钩上，以免蛙心插管滑出心室。剪断主动脉左右分支。

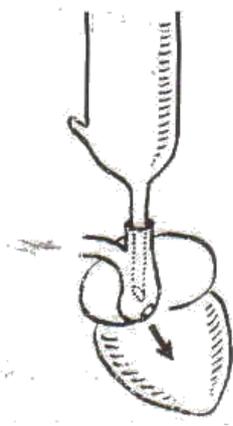


图 2-12-2 插管插入心室示意图

(4) 轻轻提起蛙心插管以抬高心脏，用一根线在静脉窦与腔静脉交界处做一结扎，结扎线应尽量下压，以免伤及静脉窦。在结扎线外侧剪断所有组织，将蛙心游离出来。



(5) 用新鲜林格液反复换洗蛙心插管内含血的林格液，直至蛙心插管内无血液残留为止。此时离体蛙心已制备成功，可供实验。

2. 实验装置

(1) 按图 2-12-3 将蛙心插管固定在铁支架上，用蛙心夹在心室舒张期夹住心尖，并将蛙心夹的线头通过滑轮连至张力换能器的应变梁上，此线应有一定的紧张度。

(2) 按图 2-12-3 连接线路，张力换能器输出线接第一通道(亦可选择其他通道)。

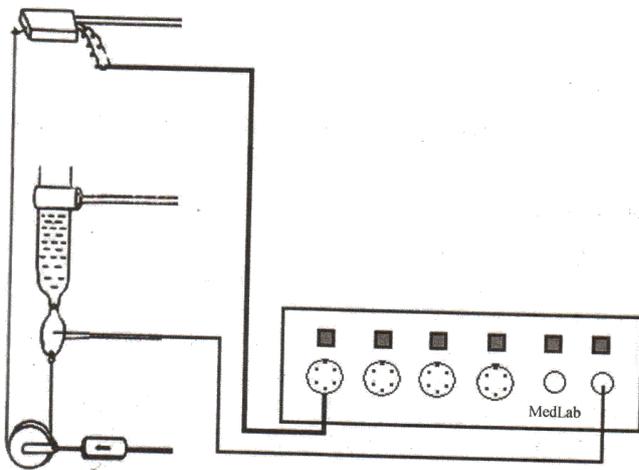


图 2-12-3 蛙心灌流仪器连接方法

(3) 打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击菜单“实验/常用生理学实验”，选择“离体蛙心灌流”。ZL-620 放大器和采样参数如表 2-12-1 所示。

表 2-12-1 ZL-620 放大器和采样参数表

显示方式	记录仪
采样间隔	2ms
X 轴显示压缩比	50: 1
通道	通道 1
DC/AC	DC
处理名称	张力



放大倍数	50~100
Y 轴压缩比	4: 1

3. 实验观察

(1) 描记正常的蛙心搏动曲线，注意观察心中频率、心室的收缩和舒张幅度。

(2) 把蛙心插管内的林格液全部更换为等量的 0.65%NaCl 溶液，观察心脏活动及曲线变化。当效应明显时应及时吸出灌流液，用新鲜林格液反复换洗数次，待曲线恢复正常后做下一步。

(3) 滴入 2%CaCl₂ 溶液 1~2 滴，观察及换液方法同上。

(4) 滴入 1%KCl 溶液 1~2 滴，观察及换液方法同上。

(5) 滴入 1: 10 000 的肾上腺素溶液 1~2 滴，观察及换液方法同上。

(6) 滴入 1: 10 000 的乙酰明碱溶液 1~2 滴，观察方法同上。

【注意事项】

1. 制备蛙心标本时，勿伤及静脉窦。
2. 上述各实验项目一旦出现作用应立即用新鲜林格液换洗，以免心肌受损，而且必须待心跳恢复正常后方能进行下一步实验。
3. 蛙心插管内液面应保持恒定，以免影响结果。
4. 滴加药品和换取新鲜林格液，必须及时做标记，以便观察分析。
5. 吸新鲜林格液和吸蛙心插管内溶液的吸管应区分专用，不可混淆使用。同时，吸管不能接触蛙心插管壁，以免影响实验结果。
6. 化学药物作用不明显时，可再适量滴加，密切观察药物剂量添加后的实验结果。

【实验结果】

将实验结果打印输出，并加注说明。

【思考题】

1. 上述各种因素对心脏收缩活动有什么影响？为什么？
2. 林格液何以能维持蛙心搏动？哺乳动物心脏离体后是否也能搏动？



实验十三 容积导体的心电描记

【实验目的】

1. 观察心电图的基本波形。
2. 了解心电向量对心电图波形的影响。
3. 论证容积导体的存在，并了解其导电规律。

【实验原理】

心脏在机体内处于体液所构成的容积导体之中，在心脏兴奋的除极和复极过程中可出现电耦，因而在容积导体中形成电场，这一电场随着心电耦所构成的瞬时综合心电向量的变化而变化。由于机体存在导电性能良好的体液，而体液可作为容积导体将心脏活动所产生的生物电变化传至体表，因此，在机体任何部位安置引导电极，通过放大器都能引导记录到心脏的生物电变化，所记到的心电变化曲线就是心电图。此外，还可以运用示波器或其他仪器将心电向量变化的平面运动轨迹记录下来，这就是心电向量图。平面心电向量图所记录的一的环是立体心电向量图在导联轴平面上的投影。而心电图则为平面心电向量图在导联轴上的投影。

【实验对象】

蟾蜍。

【实验器材】

蛙类解剖手术器材、蛙钉、林格液、玻璃分针、铁支架、鳄鱼夹、张力换能器、培养皿、导线、ZL-620 生物信号采集处理系统。

【方法和步骤】

1. 毁坏蟾蜍的脑和脊髓，用蛙钉将蛙背位固定在蛙板上。
2. 自剑突下将胸部皮肤剪掉，剪去胸骨，打开心包，暴露心脏。



3. 按心电图标准 II 导联的连接方式，将连有导线的鳄鱼夹分别夹在蟾蜍的右前肢和两后肢的蛙钉上（负极接右前肢，正极接左后肢，右后肢则与接地经相连），其输入导线与 ZL-620 生物信号采集处理系统的第三通道相连（图 2-13-1）。
4. 打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“蟾蜍心电图测量”。设置 ZL-620 放大器和采样参数（表 2-13-1）。

5. 实验观察

- (1) 进行常规导联心电图观察，分辨心房和心室去极化波。
- (2) 将引导电极随意放置于蟾蜍身体各部位，观察是否可以记录到心电图？其波形有何变化？
- (3) 用镊子夹住主动脉干，连同静脉窦一起快速剪下心脏，将心脏放于盛有林格液的培养皿同内。观察心电图有何变化？
- (4) 将培养皿中的心脏重新放回胸腔中原来的位置，观察心电图的变化。
- (5) 将心脏倒放（心尖向上），此时心电图的波形将发生什么变化？
- (6) 将心脏任意放置，此时心电图的波形将发生什么变化？
- (7) 从蟾蜍体上取下鳄鱼夹，夹在培养皿边缘并与培养皿内的林格液相接触，再将心脏置于培养皿内。观察是否还会出现心电图波形（图 2-13-2）。

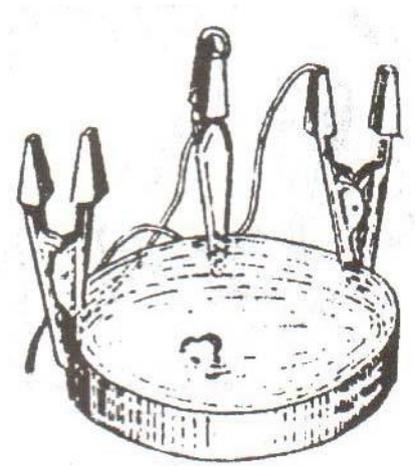


图 2-13-2 蛙心电容积导体引导方法

(8) 将培养皿内的心脏任意放置，观察心脏位置和方向改变对心电图的波形的影响。

【注意事项】

1. 剪取心脏时切勿伤及静脉窦。
2. 在冬季做此实验前，可将蟾蜍放在 30℃ 的温水中，游泳 10min，以免心率太慢。
3. 仪器必须接地良好，以免带来交流干扰。

【思考题】

1. 从实验步骤中各项结果可以得出什么结论？
2. 蛙心电向量图的 P 环、QRS 环和 T 环有何特点？各代表什么意义？它们与心电图的 P 波、QRS 波和 T 波是何关系？



实验十四 离体心脏冠脉流量和心脏收缩活动测定

【实验目的】

1. 学习用 Langendorff 法灌流离体大鼠心脏。
2. 实习离体灌注大鼠心脏冠脉流量的测定。
3. 观察肾上腺素、乙酰胆碱和垂体后叶素对冠脉流量的影响。

【实验原理】

把心脏从动物体摘取之后，以具有一定压力、温度（37℃）并充氧的克氏液经主动脉根部逆行灌流。灌流液经冠状动脉口进入冠状血管营养心脏，以维持心脏的正常活动。灌流液经冠状血管流入右心房，然后由腔静脉口及肺动脉口流出，在单位时间内的流出量即为冠脉流量。心脏的收缩、舒张活动可通过张力换能器进行记录，心室内压可通过压力换能器进行记录。

【实验对象】

大鼠。

【实验器材】

木锤、哺乳动物类手术器械一套、线绳、灌流液贮瓶、心脏 Langendorff 灌流设备（参见图 1-4-74）、超级恒温槽（参见图 1-4-70）、氧气瓶、恒温器、烧杯、量筒、秒表、温度计、双层灌流槽、克氏液（Krebs 液）、1: 10000 乙酰胆碱、注射器、针头。

【方法和步骤】

1. 实验装置准备 整个实验装置包括充氧、恒压灌流和恒温三个部分。充氧由氧气瓶（也可用充氧的橡皮球囊）连接小塑料管插入充氧管持续供氧，气泡要小而均匀。灌流压力的高低可通过调整灌流液贮瓶的高度来进行，一般要求灌流温文尔



雅贮瓶内的中心管的下端距心脏的高度为 70~90cm，可按心脏的大小而适当调整。恒温用超级恒温器以保持灌流液温度的恒定。由于超级恒温器的水温并不等于心脏灌流液的温度，故在灌流插管的侧管插入一温度计以监测灌流液的温度，液温为 37℃ 左右。为了保证离体心脏的表面有一定的温度和湿度，故将心脏置于由玻璃或有机玻璃制成的双层灌流槽内，其内层的容积约为 100ml 左右。槽的底部有漏斗形的开口，其上方有用以保持槽内温度恒定的盖子。外层密闭，在侧面上有两个小的开口，一为恒温水的进水口，一为恒温水的出水口。实验装置见图 2-14-1。

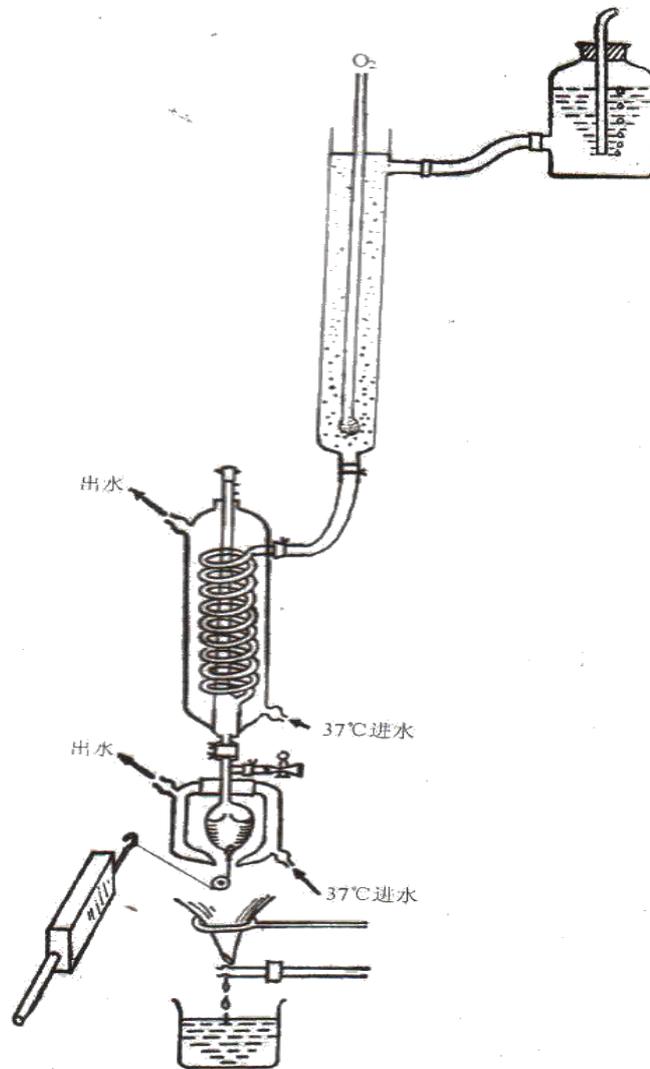


图 2-14-1 Langerdorff 法灌流实验装置



2. 标本制备

(1) 摘取心脏：先准备好手术器械及充氧的冷克氏液（4℃左右）。用木锤重击大鼠后脑部，击昏后，仰置于手术台上。迅速沿胸前壁正中剪开皮肤，打开胜负难测腔，轻轻提起心脏，小心剪断腔静脉、主动脉及心脏周围组织，迅速将心脏连同一段主动脉取出。手术过程中注意不要损伤心脏，主动脉根部要留 0.5cm 的长度以备插管用。心脏取出后立刻置于预先备好的充氧冷克氏液中，用手指轻压心室以利于其中的剩血排出，防止凝血块形成。用注射器向主动脉根部徐徐注入经充氧的冷克氏液，其作用是一方面使心脏停跳以减少其能量消耗，另一方面也供以冲洗冠状血管，清除残血，以免形成凝血小块堵塞血管。迅速剪去心脏周围的组织（包括肺组织、气管以及附着于心脏上的其他组织），认清主动脉、腔静脉及肺动脉的解剖位置。

(2) 灌流心脏：事先将灌流系统的灌流瓶及管充满克氏液，并连续充氧。将主动脉套进灌流插管末端的动脉套管上，并以事先备好的棉线结扎固定之。套管插进主动脉不宜过深，以免损伤主动脉瓣及堵住冠状动脉开口，影响冠状血管的灌流。灌流液的温度开始应低些，以后逐渐升高到所要求的温度。心脏经充氧的温度克氏液灌流后，在 1min 内即可开始恢复跳动。但起初心率较慢，并常有心律不齐，以后逐渐变快而且心律也逐步恢复正常，并稳定在 250~300 次/分钟，可维持数小时。

3. 实验记录

(1) 点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“大鼠离体心脏灌流”，设置 ZL-620 放大器和采样参数（表 2-14-1）。

表 2-14-1 ZL-620 放大器和采样参数表

显示方式	记录仪	
采样间隔	1ms	
X 轴显示压缩比	20: 1	
通道	通道 1	通道 4
DC/AC	DC	AC
处理名称	张力	记滴



放大倍数	50~100	5~50
Y轴压缩比	4: 1	64: 1

(2) 冠脉流量的测定：灌流液进入冠状血管后到达右心房，经腔静脉及肺动脉滴入双层灌流槽中，经槽底部的漏斗形开口流出，用量筒收集（也可用 ZL-620 记滴）一定时间内的流出液即为冠脉流量。流量基本稳定后，进行下列各项观察。

(3) 心脏的收缩、舒张活动观测：用蛙心夹在心室舒张期夹住心尖，并将蛙心夹在线头通过滑轮连至张力换能器的应变梁上，记录心脏活动。

4. 观察项目

(1) 记录正常情况下冠脉流量 (ml/min) 和心脏活动作为对照。

(2) 由灌流插管的侧管注入 1: 10 000 肾上腺素溶液 0.5ml，观察冠脉流量和心脏活动的变化。

(3) 由灌流管的侧管注入 1: 10 000 乙酰胆碱溶液 0.5ml，观察冠脉流量和心脏活动的变化。

(4) 由灌流插管的侧管注入 0.5ml(10U/ml)垂体后叶素，观察冠脉流量和心脏活动的变化。

【实验结果】

统计全班各组的结果，以平均值±标准差表示，比较各种处理前后冠脉流量和心脏活动的变化。

【注意事项】

1. 缓慢打开氧气瓶，以灌流管中约每 10cm 出现一个氧气泡的气流速度对溶液充氧。
2. 制作离体心脏标本时操作要迅速，不要损伤心脏。
3. 灌流压力和灌流液温度要严格维持恒定。



4. 冠状血管要保持通畅，避免凝血块堵塞血管。
5. 注射各种药物时要观察其影响流量的全过程。

【思考题】

1. 肾上腺素对冠脉流量有什么影响？为什么？
2. 乙酰胆碱对冠脉流量有什么影响？为什么？
3. 垂体后叶素对冠脉流量有什么影响？为什么？

实验十五 心脏听诊和人体动脉血压测定

【实验原理】

心音是心动周期中主要由心肌收缩和心瓣膜关闭引起振动所产生的声音。将听诊器置于心前区的胸壁上，可在每一心动周期中听见两个心音，即第一心音及第二心音。

测量人体动脉血压最常用的方法是间接测量上臂肱动脉的血压。即用血压计的袖带在肱动脉外加压，根据血管音的变化来测量血压。通常血液在血管内连续流动时没有声音。当将空气打入缠绕于上臂的袖带内，使其压力超过收缩压时，便可完全阻断肱动脉内的血液。此时，用听诊器在其远端听不见声音，如缓慢放气以逐渐降低袖带内压力，当外加压力稍低于肱动脉的收缩压而高于舒张压时，血液可断续流过被压血管，形成涡流而发出声音，听见的第一声时的外加压力即相当于收缩压值。继续放气，当袖带内压力刚低于舒张压时，血管内的血流由断续变为连续，声音突然由强变弱或消失，此时的外加压力作为舒张压值。

【实验器材】

血压计、听诊器。



实验十六 人体心电图描记

【实验原理】

心脏在收缩前先发生电位变化，其电位变化由窦房结开始，经特殊传导系统最后传到心室肌。心电变化通过其周围组织和体液传导到体表。将心电图机的引导电极旋转在人体体表一定部位记录出来的心电变化波形，称为心电图。它是反映心脏兴奋产生、传导和恢复过程的电位变化。

【实验器材】

心电图机、检查床、分规、导电膏、75%酒精棉球。

实验十七 动脉血压的神经、体液调节

【实验目的】

1. 学习直接测量动脉血压的实验方法。
2. 观察家兔颈迷走神经、交感神经和降压神经以及药物对动脉血压的影响。

【实验原理】

将动脉导管插入颈总动脉的向心端，可以测得动脉血压。该压力的变化经血压换能器转换成电信号再输入 ZL-620 生物信号采集处理系统，在计算机屏幕上显示动脉血压的曲线。

动脉血压主要受神经、体液调节。支配心血管的神经主要为心交感神经、心迷走神经和交感缩血管神经。心交感神经兴奋，末梢释放去甲肾上腺素，作用于心肌细胞膜上的 $\beta 1$ 受体，使心率加快，传导速度加快，收缩力增强，导致心输出量增加，动脉血压升高；心迷走神经兴奋，末梢释放乙酰胆碱，作用于心肌细胞上 M 受体，



使心率减慢，心房肌收缩力减弱，导致心输出量减少，动脉血压降低；交感缩血管神经兴奋，末梢释放去甲肾上腺素，作用于血管平滑肌细胞膜上的 α 受体，使血管收缩，外周阻力增加，动脉血压升高。神经系统对动脉血压的调节是通过各种反射来进行的，其中最重要的是压力感受性反射，即降压反射。该反射的感受器位于颈动脉窦和主动脉弓，传入神经为主动脉神经与窦神经，家兔的主动脉神经在解剖上为独立的一条，称为降压神经，电刺激该神经可观察降压反射的活动。此外，动脉血压还受体液因素的调节，静脉注射某些受体激动剂或拟似药，可观察它们对动脉血压的影响。

【实验对象】

兔。

【实验器材】

哺乳类动物手术器械一套、兔手术台、动脉夹、动脉导管、ZL-620 生物信号采集处理系统、血压换能器、手术灯、铁支架、保护电极、有色丝线、注射器、20%氨基甲酸乙酯溶液、1000U/ml 肝素溶液、1: 10000 肾上腺素溶液、1: 10000 去甲肾上腺素溶液。

【方法和步骤】

1. 准备检压系统 将动脉导管与血压换能器相连，通过三通开关用肝素溶液充灌血压换能器和动脉导管，排尽血压换能器与动脉导管中的气泡，然后关闭三通开关备用。若血压换能器没有定标，要对血压换能器定标（方法见“生物信号采集处理系统”）。

2. 动物实验准备

(1) 称重、麻醉与固定：动物称重，按 5ml/kg 的剂量于耳缘静脉注射 20%氨基



甲酸乙酯溶液进行麻醉。将动物背位（仰卧）固定于兔手术台上。

（2）手术：剪去颈前部兔毛，沿正中线切开皮肤 5~7cm，用止血钳纵向分离皮下组织和肌层，暴露气管后行气管插管术。然后，将切口边缘的皮肤及其下方的肌肉组织向两侧拉开，即可在气管两侧见到与气管平等的左、右颈总动脉鞘。用玻璃分针分离出右侧鞘内的降压神经（最细）、迷走神经（最粗）和颈总动脉（2~3cm 长），分别在下面穿不同的有色丝线；然后分离出左侧颈总动脉约 3cm 长，穿双线以备动脉插管时用。

（3）动脉插管：将左侧颈总动脉远心端用线结扎，近心端用动脉夹夹闭，两者距离约需 2cm。用眼科剪在结扎线下方 0.5cm 处的动脉壁上向心脏方向剪一斜切口，切口约为管径的一半。然后将准备好的动脉导管由切口处向心脏方向插入动脉内。用已穿好的备用线扎紧血管和已插入的动脉导管。利用远心端结扎线将动脉导管再次结扎固定，使动脉导管与动脉保持在同一直线上，并可防止插管滑脱。动脉导管另一端为血压换能器，血压换能器与动物心脏保持同一水平。

（4）注射肝素：在耳缘静脉按 1000U/kg 剂量注射肝素，并等肝素在家兔体内血液中混合均匀后进行下面的实验。

3. 实验装置

（1）将血压换能器的输入插头与 ZL-620 生物信号采集处理系统的信号放大器输入盒的 2 通道相连。将刺激电极输入端与刺激输出口相连，将刺激电极输出端与保护电极相连。

（2）调零、压力定标和制压：实验前，一般已调整好测量系统，实验过程中，勿轻易改动。若重新调零和压力定标，请参照“生理学实验总论”。

（3）打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实



验/常用生理学实验”，选择“动脉血压记录”，设置 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数（表 2-17-1）。

采样参数		刺激器参数	
显示方式	记录仪	刺激模式	串刺激
采样间隔	1ms	时程	5s
X 轴显示压缩比	20:1	波宽	1ms
通道	通道 2	幅度	1V
DC/AC	DC	频率	30Hz
处理名称	血压		
放大倍数	100~200		
Y 轴压缩比	4:1		

4. 实验观察

(1) 记录静息状态下家兔动脉血压曲线，观察正常血压波动曲线及心率、血压参数。

一级波（心搏波）：由于心室舒缩所引起的血压波动。

二级波（呼吸波）：由于呼吸运动所引起的血压波动。

三级波：常不出现，可能由于血管运动中枢紧张性周期性变化所致。

(2) 用动脉夹夹闭右颈总动脉，阻断血流 15s，观察血压和心率的变化。

(3) 将右侧降压神经置于保护电极上，点击刺激按钮，观察刺激完整降压神经时血压和心率的变化。

(4) 用两根丝线分别结扎降压神经中部的两处，并在两结扎之间将神经剪断，分别电刺激切断后的神经中枢端和外周端，观察血压和心率的变化。

(5) 结扎右侧迷走神经，在结扎处头端剪断该神经，然后用保护电极刺激迷走神经的外周端，观察血压和心率的变化。

(6) 于耳缘静脉注射 1: 10 000 肾上腺素溶液或 1: 10 000 去甲肾上腺素溶液



0.3ml，观察血压和心率的变化。

【实验结果】

1. 统计全班各组的的结果，以平均值±标准差表示，比较各种处理前后血压和心率的变化，并用直方图表示。
2. 将实验结果打印输出或描绘于报告上。

【注意事项】

1. 麻醉剂剂量不能过量，注射不宜过快，麻醉剂应在 3min 左右注射完毕。
2. 室温低时打开手术台下电灯给动物保温，防止麻醉后体温下降。
3. 夹闭颈总动脉和刺激神经，均要避免过度牵拉，应尽可能在原位置上轻柔地进行。
4. 各项观察项目在前一项目实验恢复的基础上进行，每项观察项目的记录必须有前后对照。

【思考题】

1. 插动脉导管前为什么要结扎头端血管？为什么动脉的近心端也要用动脉夹夹住？
2. 动物为什么要注射肝素？你认为是手术前注射还是手术完毕后注射好？
3. 正常血压波动的情况如何？何以会有各种波动？心脏每搏动一次是否血压应波动一次？能否从所记录曲线上看出来？
4. 未插管一侧的颈总动脉短时夹闭对全身的血压和心率有何影响？为什么？假使夹闭部位在颈总动脉窦以上，影响是否相同？
5. 刺激降压神经的中枢端和外周端对血压和心率的影响有何不同？为什么？
6. 迷走神经为何要切断后再刺激外周端？结果如何？为什么？
7. 注射去甲肾上腺素后，血压上升，此时心率会有什么变化？为什么？



实验十八 降压神经放电

【实验目的】

1. 了解引导神经放电的电生理实验方法。
2. 观察家兔降压神经放电波形的特点及其与动脉血压变动的相互关系，加深对降压反射机制的理解。

【实验原理】

神经系统对心血管活动的调节是通过各种反射来实现的，最重要的反射是颈动脉窦和主动脉弓压力感觉性反射。动脉压力感受器主要分布于颈动脉窦和主动脉弓的血管外膜下，为对牵张敏感的感觉神经末梢，它直接感受的是血管壁被机械牵张的程度。当动脉血压升高时，动脉管壁被牵张程度就升高，压力感受器发放的神经冲动也就增多。在一定范围内，压力感受器的传入冲动频率与动脉管壁的扩张程度或动脉血压的高低成正比。主动脉弓压力感受器的传入神经组成主动脉神经。主动脉神经并入迷走神经干进入延髓孤束核。而兔主动脉神经在颈部自成一束，称为降压神经（减压神经、缓冲神经）。在一个心动周期内，随着动脉血压的波动，降压神经的传入冲动频率也发生相应变化。

【实验对象】

兔。

【实验器材】

兔台、哺乳动手手术器械一套、玻璃分针、动脉夹、注射器、保护电极、铁支架、丝线、棉绳、皮兜架、计算机音箱、医用液状石蜡、20%氨基甲酸乙酯溶液、1:10000 乙酰胆碱溶液、1:10000 去甲肾上腺素溶液、ZL-620 生物信号采集处理系统。

【方法和步骤】



1. 手术准备（参照“生理学实验总论”的“兔颈部手术”）

- (1) 家兔麻醉、固定：称重后，按 5ml/kg 体重的剂量于耳缘静脉注射 20% 氨基甲酸乙酯溶液。麻醉后，将家兔仰卧（背位）固定于兔台上。
- (2) 颈部手术：剪去颈部手术视野兔毛，从甲状软骨沿正中线向下做 5~7cm 皮肤切口，钝性分离皮下组织和肌肉，分离气管后行气管插管术。将气管旁软组织外翻，即可见位于气管旁的颈动脉鞘。细心分离左侧鞘内的颈总动脉和降压神经，各分离出 2~3cm，穿线备用。做颈总动脉插管，记录动脉血压。将切开的皮肤缝在皮兜架上，做成皮兜内注入 37℃ 液状石蜡，以防神经干燥和保持温度。

2. 实验装置

- (1) 将降压神经放置于悬空的记录电极上，记录电极的输入端与 ZL-620 生物信号采集处理系统的第一通道（CH1）相连接。
- (2) CH1 的输出端与计算机有源音箱相连，调节音量适中，用于降压神经的放电监听。
- (3) 打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“家兔降压神经放电”，设置 ZL-620 放大器和采样参数（表 2-18-1）。

表 2-18-1 ZL-620 放大器和采样参数表

显示方式	记录仪	
采样间隔	20us	
X 轴显示压缩比	200: 1	
通道	通道 1	通道 2
DC/AC	AC	DC
处理名称	神经放电	血压



放大倍数	10 000~50 000	100~200
Y轴压缩比	8: 1	4: 1

3.实验观察

(1) 观察降压神经放电的频率、幅度及节律特点，注意与动脉血压波动之间的关系，同时监听其发出的声音（图 2-18-1）。

图 2-18-1 降压神经放电

(2) 静脉注射 1: 10 000 乙酰胆碱溶液 0.1ml/kg，观察电信号的变化及其声音的变化。

(3) 静脉注射 1: 10 000 去甲肾上腺素溶液 0.3ml，观察电信号波形及其声音的变化。

【实验结果】

打印或描绘实验结果。

【注意事项】

1. 室温低时打开手术灯给动物保温，以免麻醉后体温下降。
2. 每一项观察必须有对照，并需待其基本恢复后再进行下一步骤。

【思考题】

1. 支配心脏的神经有哪些？各有何作用？
2. 静脉注射乙酰胆碱和去甲肾上腺素后，降压神经发放冲动有何变化？为什么？



实验十九 左心室内压的测定

【实验目的】

1. 学习和掌握心导管插管术。
2. 观察药物对左心室内压的影响。
3. 学习利用计算机进行左心室内压的测定和分析。

【实验原理】

利用右颈总动脉从主支脉弓右侧顶端发出并与升主动脉形成一直线的特征，可将心导管插入左心室。左心室内压的变化直接反映了心脏泵功能的情况。左心室内压经计算机处理后，可求出心动周期中左心室内压（LVP）的压力变化率（ $d\rho/d\tau$ ）、心肌收缩百分缩短速度（ v_{pm} 、 v_{max} ）及心力环面积等多项参数，通过对这些参数的综合分析，可用以评判左心室泵血功能状况。

【实验对象】兔。

【实验器材】

哺乳类动物手术器械一套（包括手术刀、粗剪、手术剪、眼科剪、止血钳、镊子等）、兔手术台、动脉夹、心导管、ZL-620 生物信号采集处理系统、血压换能器、1m 长橡皮管一根、注射器、20%氨基甲酸乙酯溶液、1000U/ml 肝素溶液、1: 10000 肾上腺素溶液、1: 10000 去甲肾上腺素溶液、普萘洛尔。

【方法和步骤】

1. 准备检压系统 将动脉导管与血压换能器相连，通过三通开关用肝素溶液充灌血压换能器和动脉导管，排尽血压换能器与动脉导管中的气泡，然后关闭三通开关备用。
2. 手术准备（参见“生理学实验总论”的“兔颈部手术”）



- (1) 家兔麻醉、固定：称重后，按 5ml/kg 体重的剂量于耳缘静脉注射 20%氨基甲酸乙酯溶液。麻醉后，将家兔仰卧（背位）固定于兔台。
- (2) 颈部手术：颈部剪毛，手术分离气管，插入气管插管。并分离右侧颈总动脉约 3~4cm，在下面穿双线。一根在近头端处将动脉结扎，然后用眼科剪刀在头端结扎处下约 0.3cm 的动脉壁上剪一个向心脏方向的半斜切口，准备插心导管用。
- (3) 注射肝素：在耳缘静脉按 1000U/kg 剂量注射肝素，并等肝素在家兔体内血液中混合均匀后进行下面的实验。
- (4) 插管心导管：于家兔左胸前触摸到心尖波动最明显处，测量此点到右侧颈总动脉切口的距离，并将该段距离标记在心导管上，以便掌握导管推进的最大深度。将充满肝素溶液的心导管经右侧颈总动脉切口插入动脉腔内，直至动脉夹处。将备用线打一松结。然后用左手拇指和示指捏住动脉和插在里面的导管，右手慢慢放开动脉夹，如有血液由切口流出，可再次夹住动脉夹并将松结稍稍扣紧，再放开动脉夹。放开动脉夹后，立即将导管缓缓向动脉腔内推进。根据导管上的距离标记可估计导管离左心室的距离。一般情况下，当导管尖端进入主动脉瓣入口时，有明显的抵触、抖动感。当突然出现一个突空感时，表示导管已进入左心室内，计算机屏幕上所显示的波形会有明显变化，即舒张压突然下降到 $-1.33\sim 0\text{kPa}$ ($-10\sim 0\text{mmHg}$)。用备用线结扎心导管，并将心导管固定于近旁活动度较小的组织上。

3. 实验装置

- (1) 将血压换能器的输入插头与 ZL-620 生物信号采集处理系统的信号放大器输入盒的 2 通道相连。
- (2) 调零、压力定标和制压：实验前，一般已调整好测量系统，实验过程中，勿改



动。若重新调零和压力定标，请参照“生理学实验总论”。

- (3) 打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“左心室内压的测定”。设置 ZL-620 放大器和采样参数（表 2-19-1）

表 2-19-1 ZL-620 放大器和采样参数表

显示方式	记录仪
采样间隔	1ms
M 轴显示压缩比	20:1
通道	通道 2
DC/AC	DC
处理名称	心室内压
放大倍数	100~200
Y 轴压缩比	4: 1

4.实验观察

- (1) 记录静息状态下家兔左心室压力曲线，并求得心泵功能各项参数。
- (2) 耳缘静脉注射 1: 10 000 肾上腺素溶液 0.2~0.5ml，观察心泵功能的变化。
- (3) 耳缘静脉注射 1: 10 000 去甲肾上腺素溶液 0.2~0.5ml，观察心泵功能的变化。
- (4) 观察长管窒息时心泵功能的变化。
- (5) 耳缘静脉注射普萘洛尔溶液 0.3ml，观察心泵功能的变化。

【实验结果】

1. 统计全班各组的结果，以平均值±标准差表示，比较各种处理前后左心室内压各参数的变化，并用直方图表示。
2. 将实验结果打印输出或描绘于报告上。

【注意事项】

1. 推进导管时，应根据动脉走向而改变推进的方向和力度，以防止导管刺破动脉壁而造成动物死亡。插管时，速度应尽可能缓慢，用力应适度。当推进阻力较大时，可采用退退进进，不断改变方向的办法插入。插管时，应密切注视计算机屏幕或示波器上显示的血压波形，以判断导管所处的位置与状态。
2. 做各观察项目时，需使动物休息足够时间，并做好前、后对照。

【思考题】

上述各种因素对心泵功能有什么改变？为什么？



实验二十 肠系膜微循环观察

【实验目的】

观察蟾蜍肠系膜血管内的血流，了解外周血管的血流特点。

【实验原理】

微循环是血液与组织液进行交换的场所，其血流情况可借助显微镜进行观察。蛙肠系膜组织较薄，易透过，故可直接用肉眼或低倍显微镜观察到其中小动脉、毛细血管以及小静脉的血流情况。

【实验对象】

蟾蜍

【实验器材】

显微镜、摄像头、计算机微循环血流分析系统、有孔的软木蛙板、蛙类手术器械、大头针、20%氨基甲酸乙酯溶液及林格液。

【方法和步骤】

1. 取蟾蜍一只，以 20%氨基甲酸乙酯溶液进行皮下淋巴囊注射，剂量为 2ml/100g 体重。约 10~15min 后蟾蜍进入麻醉状态。
2. 将蟾蜍固定在蛙板上，于腹部的旁侧剪一长形切口，拉出一段小肠，用大头针数枚将肠系膜展开，并固定在有孔的蛙板上（图 2-20-1）。

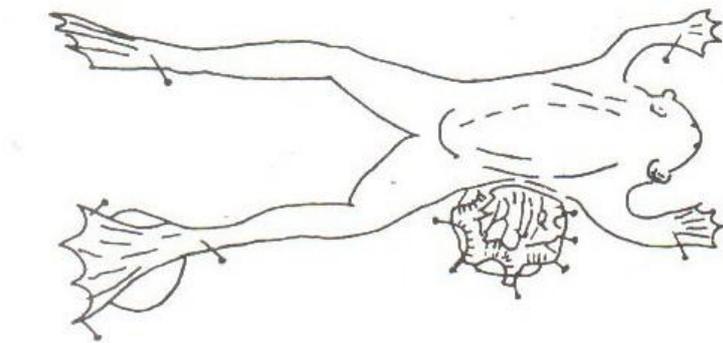


图 2-20-1 蟾蜍肠系膜微循环

3. 在低倍显微镜下，分辨小动脉、小静脉和毛细血管，观察其中血流的速度特征以及血细胞在血管内流动的景象。图像经摄像头进入计算机微循环血流分析系统，可对微循环血流做进一步分析。

【实验结果】

根据实验观察微循环血流情况加以描述（提示：小动脉、小静脉、毛细血管中血流的方向、速度）。

【注意事项】

1. 手术过程中要避免出血，拉展肠系膜时不要扭转和过于紧张。
2. 为防止肠系膜干燥，可用林格液湿润，但不宜过多。

【思考题】

影响微循环血流量的因素有哪些？



实验二十一 呼吸运动的调节

【实验目的】

1. 观察血液理化因素改变对家兔呼吸运动的影响。
2. 了解肺牵张反射在呼吸运动调节中的作用。

【实验原理】

肺通气由呼吸肌的节律性收缩完成，呼吸肌由呼吸中枢的节律性所控制。机体内各种刺激可以直接作用于呼吸中枢和（或）外周感受器，反射性地影响呼吸运动。肺牵张反射是保证呼吸运动节律的机制之一。血液中的 O_2 分压、 CO_2 分压、 H^+ 浓度改变刺激中枢和外周化学感受器，产生反射性调节，是保证血液中气体分压稳定的重要机制。

【实验对象】兔。

【实验器材】

兔手术台、哺乳动物手术器械、呼吸换能器、刺激电极、气管插管、20%氨基甲酸乙酯溶液、生理盐水、橡皮管、2%乳酸溶液、 N_2 气囊、 CO_2 气囊、ZL-620 生物信号采集处理系统等。

【方法和步骤】

1. 麻醉固定 将家兔称重后，按 $5ml/kg$ 体重从耳缘静脉缓慢注射 20%氨基甲酸乙酯溶液。待兔麻醉后，仰卧固定在兔手术台上。
2. 手术操作 剪去颈前部兔毛，颈前正中切开皮肤 $5\sim 6cm$ ，分离气管并做气管插管。分离颈部迷走神经，穿线备用。手术完毕后，用温生理盐水纱布覆盖手术野。
3. 实验装置（图 2-21-1）



- (1) 将呼吸换能器与 ZL-620 生物信号采集处理系统的第一通道 (CH1) 相连接, 皮管连接气管插管和呼吸换能器。呼吸换能器的定标方法见“生理学实验总论”。
- (2) 打开计算机, 启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”, 选择“呼吸运动的调节”。设置 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数 (表 2-21-1)。

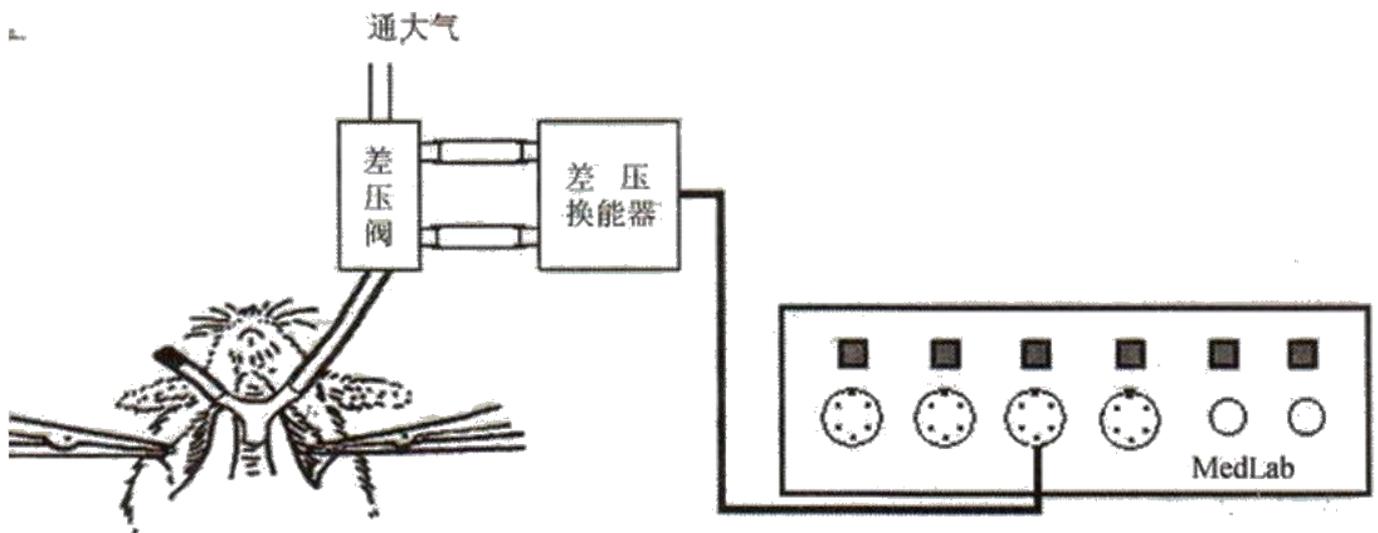


图 2-21-1 呼吸运动调节实验装置

表 2-21-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数	
显示方式	记录仪	刺激模式	串刺激
采样间隔	1ms	串长	5s
X 轴显示压缩比	20: 1	波宽	2ms
通道	通道 3	幅度	1V
DC/AC	AC	记录刺激标记	频率
处理名称	潮气量	刺激标记	
放大倍数	500	5~50	
Y 轴压缩比	4: 1	64: 1	

4. 实验观察

- (1) 正常呼吸运动: 记录一段正常呼吸运动曲线作为对照, 观察吸气相、呼气相、



呼吸幅度频率。

- (2) CO_2 对呼吸运动的影响：将 CO_2 气囊管口与气管插管的通气管用小烧杯罩住，打开气囊，使吸入气中含较多的 CO_2 （避免气囊内气体直接冲击气道，影响描记结果），观察呼吸运动的变化。移开气囊和烧杯，待呼吸恢复正常后再进行下一步实验。
- (3) 缺氧对呼吸运动的影响：方法同上，将 N_2 气囊打开，使吸入气中含较多的 N_2 ，造成缺氧，观察呼吸运动的变化。移开气囊和烧杯，观察呼吸运动的恢复过程。
- (4) 增大无效腔对呼吸运动的影响：将长约 40cm 的橡皮管连于气管插管的一个侧臂上，观察呼吸运动的变化。
- (5) 血液中 $[\text{H}^+]$ 升高对呼吸运动的影响：静脉注射 2% 乳酸溶液 3ml，观察呼吸运动的变化。
- (6) 迷走神经在呼吸运动调节中的作用：剪断一侧迷走神经，观察呼吸运动是否发生变化；剪断另一侧迷走神经，对比前后呼吸运动的变化。
- (7) 以中等强度电刺激迷走神经中枢端，观察呼吸运动的变化。

【实验结果】

1. 统计全班各组的结果，以平均值±标准差表示，比较各种处理前后呼吸幅度和呼吸频率的变化，并用直方图表示。
2. 将实验结果打印输出或描绘于报告上。

【注意事项】

1. 插管前应检查插管口是否光滑通畅。插管时应动作轻巧，避免损伤气管黏膜，引起出血而堵塞插管。
2. 每一项目前后均应有正常呼吸运动曲线作为对照。

【思考题】

1. 比较 PCO_2 升高、 PO_2 降低以及血液 $[\text{H}^+]$ 升高对呼吸影响的异同点，分别说明它的作用途径。
2. 迷走神经在节律性呼吸运动中起何作用？



实验二十二 胸内负压的观察

【实验目的】

学习胸膜腔内压（胸内压）测定方法，观察了解影响胸内压变化的因素，了解胸内负压的成因和维持条件。

【实验原理】

胸膜腔内的压力（胸内压）随呼吸周期的变化而变化。平静呼吸时，胸内负压在吸气时增大，呼气时减小，但始终低于大气压，故称胸内负压。当胸膜腔与外界大气相通时，产生气胸，胸内负压消失。

【实验对象】兔。

【实验器材】

兔手术台、哺乳动物手术器械、气管插管、20%氨基甲酸乙酯溶液、生理盐水、18号注射针头、水检压计、压力换能器、ZL-620生物信号采集处理系统。

【方法和步骤】

1. 麻醉固定 将家兔稳重后，按 5ml/kg 体重从耳缘静脉缓慢注射 20%氨基甲酸乙酯溶液。待兔麻醉后，仰卧固定在兔手术台上。
2. 手术操作 剪去颈部及右侧胸部兔毛，颈前正中切开皮肤，分离气管并做气管插管。用橡皮管将 18 号注射针头与水检压计（水中滴蓝墨水以便观察水柱）相连。在兔右侧腋前线沿第 5 肋骨上缘，将针头斜面朝内刺穿皮肤，然后控制进针力量，扎入胸膜腔。当看到检压计水柱随呼吸运动上下波动时即停止进针，并固定针头。也可接压力换能器输入 ZL-620 做进一步记录处理。
3. 实验观察



- (1) 平静呼吸时的胸内压：待动物呼吸平稳后，从检压计读出或从 ZL-620 记录吸气末胸内负压数值。
- (2) 加强呼吸时胸内压：夹闭一侧气管插管侧管，另一侧管连接 50cm 胶管，以增大无效腔。当呼吸加强时，记录深呼吸条件下胸内压的变化。
- (3) 憋气效应：在吸气末与呼气末分别夹闭气管插管，此时动物虽用力呼吸，但不能呼出或吸入外界空气，处于憋气状态。观察记录此时胸内压变化的最大幅度，并注意胸内压是否可以为正（高于大气压），何时为正压？
- (4) 气胸及其影响：在穿刺侧沿第 7 肋骨上缘切开皮肤，分别肋间肌，造成一个长约 1cm 的胸壁贯通伤，使胸膜腔与大气相通，形成气胸。观察此时胸内压的升降情况和肺组织是否发生萎缩。

【实验结果】

记录各项实验时的胸内压值，对结果进行比较分析。

【注意事项】

1. 用穿刺针穿刺时，应控制好进针力量，以免刺破肺组织或血管，形成气胸或出血。
2. 穿刺针头与橡皮管和检压计的连接必须严密，切不可漏气。
3. 如针头被阻塞时，可轻轻挤压橡皮管或轻动针头，避免刺破脏层胸膜。

【思考题】

1. 为何吸气和呼气时胸膜腔内压都低于大气压？
2. 气胸时可出现哪些病理情况？
3. 维持胸内负压的条件有哪些？



实验二十三 肺通气功能的测定

【实验目的】

学会使用肺量计测量肺通气功能的方法，了解正常通气量。

【实验原理】

肺与外界空气之间的气体交换称肺通气。肺通气量的大小可反映肺通气能力，测定肺通气量是评定肺功能的指标之一。使呼吸时进出的气体进入测定仪，引起测定仪内气体量的变化。测定仪内气体量的变化值即为被试者呼出或吸入的气体量。

【实验对象】人。

【实验器材】

改良式肺量计（或 ZL-620 生物信号采集处理系统）、橡皮吹嘴、鼻夹、75%酒精棉球、钠石灰等。

【方法和步骤】

1.实验准备 改良式肺量计（图 2-23-1）主要由套在一起的外筒和浮筒所组成。外筒是盛水的圆筒，筒底有排水阀门可以放水，圆筒中央有进气管，管的上端露出水面，管下端有三通阀门，可控制呼吸气体的出入。浮筒顶端有细绳和平衡锤相连，悬吊在滑轮架上。浮筒内的容量可通过平衡锤上描笔的升降在记纹器上进行记录。在进行实验前先将浮筒慢速上提，使筒内充有新鲜空气 4~5L，然后关闭阀门。记录笔尖与记纹器接触。用酒精棉球擦拭橡皮接口。受试者闭目静立（或坐），口衔橡皮接口，并用鼻夹夹鼻，练习用口呼吸 2~3min 后，进行下列各项测定。

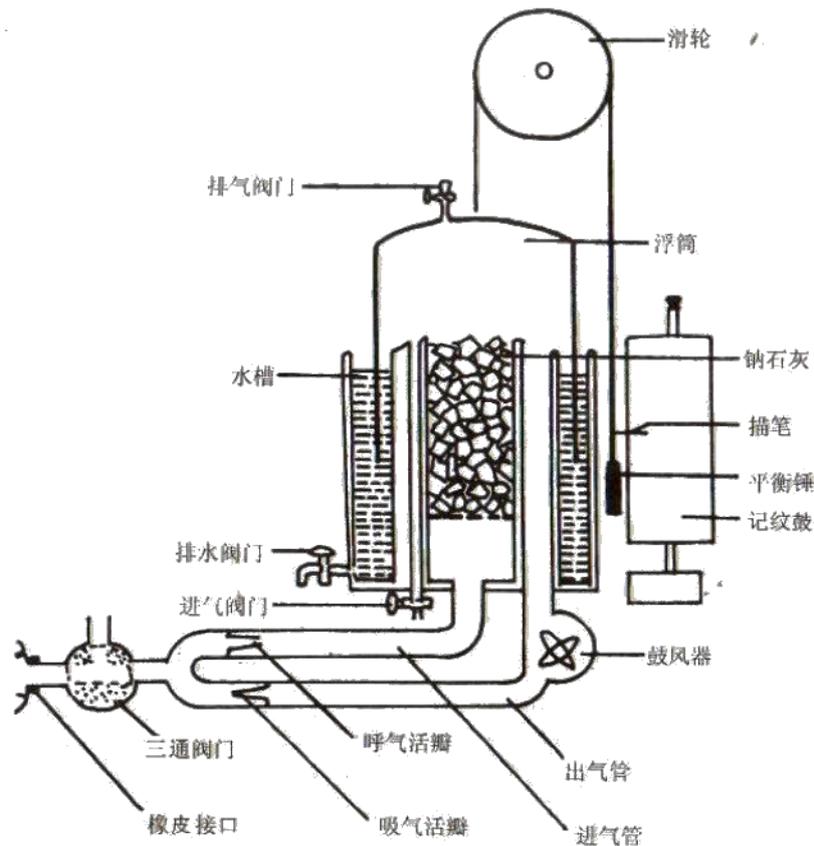


图 2-23-1 改良式肺量计

2.肺容量的测定

(1) 潮气量：开动慢鼓（纸速为每分钟 50mm），记录平静呼吸约 30s。各次呼气量或吸气量的平均值，即为潮气量。

(2) 补吸气量：即在一次平静吸气之末，再继续吸气直至不能再吸气为止所吸入的气量。

(3) 补呼气量：即在一次平静呼气之末，再继续呼气直到不能再呼气为止所呼出的气量。

(4) 肺活量：受试者尽力做最大吸气后，随即从容做最大呼气所呼出的气量，即为肺活量。前三者气量总和应致与所测肺活量相等。

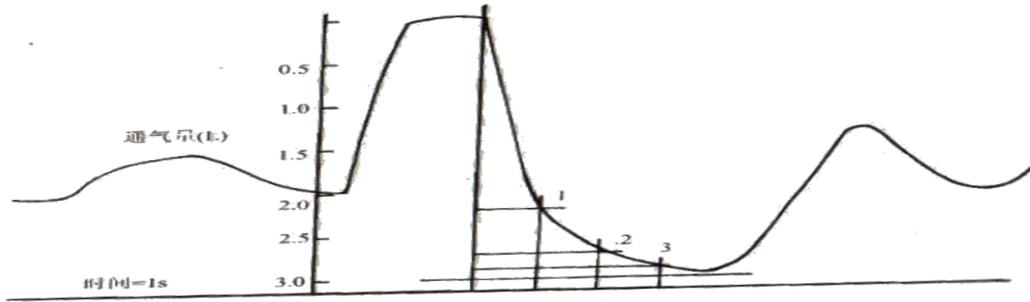
3.时间肺活量（用力呼气量）的测定

(1) 在肺量计内重新充灌新鲜空气 4~5L，受试者按前述方法，用慢鼓记录平静呼吸



数次。

(2) 然后做最大吸气，屏气 1~2S，并加快鼓速（每秒 25mm），立即尽力最快地将气体呼出，直至不能呼出为止，随即停鼓。分别计算第一秒、第二秒、第三秒的用力呼气量（图 2-23-2）。



4. 最大通气量测定 调节变速器（走纸速度为 25mm/s），受试者尽力做最深、最快的呼吸，记录 15s 内吸入或呼出气体总量，乘以 4 即为最大通气量。

5. 也可用 ZL-620 生物信号采集处理系统配合使用，测定肺容量和肺通气量。

【实验结果】

将实验结果做以下记录：被测者姓名、性别、年龄、肺活量（ml）、潮气量（ml）、补吸气量（ml）、补呼气量（ml）、用力呼气力量（第一秒末、第二秒末、第三秒末所呼出的气体量占总气体量的百分比）、最大通气量等。

【注意事项】

1. 每次使用肺量计前应检查肺量计是否漏气、漏水。
2. 测定时应防止从鼻孔和口角漏气。
3. 测最大通气量前，受试者应先练习做几次尽力深快呼吸。

【思考题】

1. 测定肺活量和时间肺活量各有何意义？
2. 肺活量和时间肺活量如果过低，请分析其原因。



实验二十四 膈神经放电

【实验目的】

1. 观察与呼吸运动节律同步的膈神经集群放电现象。
2. 加深认识呼吸中枢的节律性兴奋的传出途径。
3. 了解传出神经自发放电的记录方法。

【实验原理】

脑干呼吸中枢发放的节律性冲动，通过支配呼吸肌的膈神经和肋间神经引起膈肌和肋间肌的节律性舒缩活动，从而引起节律性的呼吸运动。体内外各种刺激对呼吸运动的影响，能从引导膈神经传出纤维的放电活动上反映出来，可直接反映脑干呼吸中枢的活动变化。

【实验对象】兔。

【实验器材】

哺乳动物手术器械、兔手术台、ZL-620 生物信号采集处理系统、呼吸换能器、引导电极及固定架、玻璃分针、10ml 及 20ml 注射器各一支、20%氨基甲酸乙酯溶液、5%尼克刹米溶液、生理盐水、液状石蜡。

【方法和步骤】

1. 动手手术

(1) 麻醉与固定：将家兔称重后，用 20%氨基甲酸乙酯溶液 5ml/kg 耳缘静脉注入，进行麻醉，仰卧固定于兔手术台。

(2) 手术：剪去颈前部兔毛，在颈部皮肤做纵行正中切口，分离气管，做气管插管，并分离两侧迷走神经穿线备用。在一侧颈外静脉和胸锁乳突肌之间向纵深分离，直至气管旁可见到较粗的臂丛神经向后外方向行



走。膈神经轻细，紧靠臂丛内侧向后内侧行走，在臂丛腹面横过形成交叉。认清神经后，用玻璃分氏将膈神经向上分离出 1~2cm 穿线备用。将切开的颈部皮肤做一皮兜，注入 38℃ 液状石蜡，以起到保温、绝缘及防止神经干燥的作用。

(3) 用玻璃分针将膈神经勾在引导电极上，小铁支架固定引导电极上，注意神经不可牵拉过紧，引导电极应悬空，勿触及周围组织。颈部皮肤接地。

2. 实验装置

(1) 膈神经引导电极输入通道 1 (CH1)，地线接地。呼吸换能器输入通道 3 (CH3)。计算机和动物共一点接地。

(2) 打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“膈神经放电”。ZL-620 放大器、采样参数见表 2-24-1。

表 2-24-1 ZL-620 放大器、采样参数表

显示方式	记录仪	
采样间隔	25us	
X 轴显示压缩比	20: 1	
通道	通道 1	通道 3
DC/AC	AC	DC
处理名称	膈神经放电	呼吸
放大倍数	5000	500
Y 轴压缩比	6: 1	4: 1

3. 实验观察

(1) 观察正常呼吸与膈神经放电间的关系，注意膈神经群集放电形式、频率及振幅。

(2) 观察吸入高浓度 CO₂ 气体时，呼吸运动与膈神经放电变化：将连有



胶管的气管插管入气端与气瓶排气管平行放入一烧杯中，打开气阀调节流量，使兔吸入高浓度 CO_2 ，观察膈神经放电及呼吸运动的变化。

(3) 增大无效腔对膈神经放电的影响：在气管插管入气端连接一长 50cm 的胶管，增大无效腔，观察对膈神经放电及呼吸运动的变化。

(4) 尼克刹米对膈神经放电的影响：由耳缘静脉注入 5% 尼克刹米溶液 1ml，观察膈神经放电及呼吸运动变化。

(5) 迷走神经对膈神经放电的影响：先切断一侧迷走神经，观察膈神经放电及呼吸运动有何变化；再切断另一侧迷走神经，观察膈神经放电及呼吸运动有何变化。

【实验结果】

观察各种因素下膈神经放电及呼吸运动有何变化，记录其波形并分析膈神经放电与呼吸运动间的关系。

【注意事项】

1. 麻醉不宜过浅，以免动物躁动，产生肌电干扰。
2. 分离膈神经时应轻柔、干净，避免过度牵拉神经。
3. 每项观察内容结束后，必须待膈神经放电与呼吸运动恢复正常再继续下一步操作。
4. 注意保持神经与引导电极接触良好，并注意悬挂引导电极时电极应保持悬空，避免与周围组织接触。
5. 保证良好接地，动物颈部皮肤也要接地。



实验二十五 胰液和胆汁分泌的调节

【实验目的】

观察各种刺激对胰液、胆汁分泌的影响，理解胰液、胆汁分泌的调节机制。

【实验原理】

胰液和胆汁的分泌受神经和体液因素的双重调节。迷走神经兴奋，促使胰液和胆汁分泌，拟胆碱药物能模拟迷走神经兴奋的效应。由小肠黏膜分泌的促胰液素是促进胆汁和胰液分泌的主要激素。十二指肠内给予稀盐酸、蛋白胨、胆盐、胆汁酸等也可使胰液或胆汁分泌增加。

【实验对象】兔（或狗）。

【实验器材】

哺乳动物外科手术器械、兔手术台、ZL-620 生物信号采集处理系统、保护电极、20%氨基甲酸乙酯溶液、胰管插管和胆总管插管（细塑料管）、记滴器、注射器、0.1mol/L 盐酸溶液（pH=1）等。

【方法和步骤】

1.动物手术

（1）麻醉固定：将家兔称重后，用 20%氨基甲酸乙酯溶液 5ml/kg 耳缘静脉注入，进行麻醉、背位固定于兔手术台。

（2）颈部和腹部剪毛，行气管插管术。

（3）胰管和胆管插管：从剑突下沿正中线切开皮肤 8~10cm，打开腹腔。用示指和中指向右侧腹腔深部插入，触及一段直下走行的办粗肠管，用这两个手指夹住肠管拉出腹腔外，此即十二指肠。将十二指肠向右侧横放，可见一部分胰腺与十二指肠紧密相连，从连接点向幽门端方向于十二



指肠壁上仔细寻找，可隐约见到一白色小管从胰腺穿入十二指肠，此为胰主导管（图 2-25-1），在其下方穿一丝线。于胰主导管靠近十二指肠处切开一小口，插入注满生理盐水的胰管插管，并结扎固定。在十二指肠上端的背面，见一黄绿色较粗的管穿入十二指肠，引为胆总管。在其下方穿线，上方剪口，插入胆管插管，结扎固定。将两个插管游离端引至腹腔外，分别将液滴引导至记滴器上，下置一培养皿盛液滴。亦可直接用量筒收集胰液和胆汁进行计量。

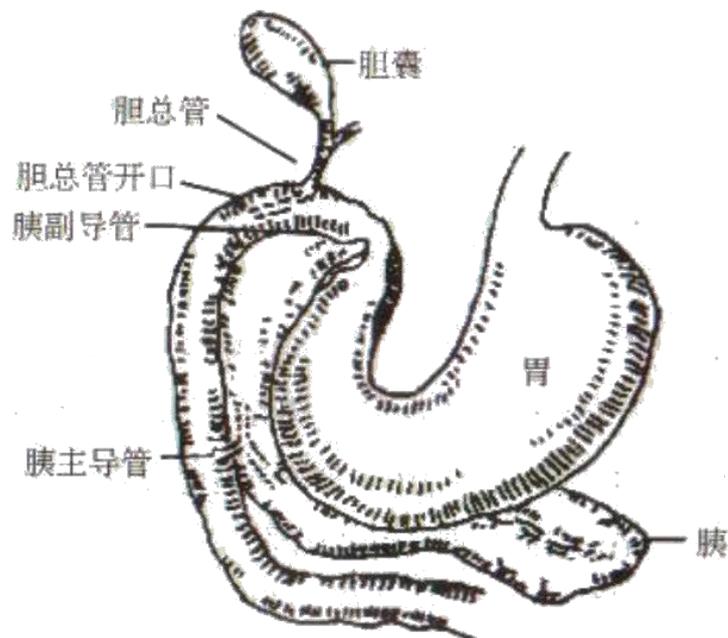


图 2-25-1 胰腺导管和胆总管解剖位置图

(4) 在膈下食管的末管的末端找出迷走神经的前支（图 2-25-2），下方穿一线备用。

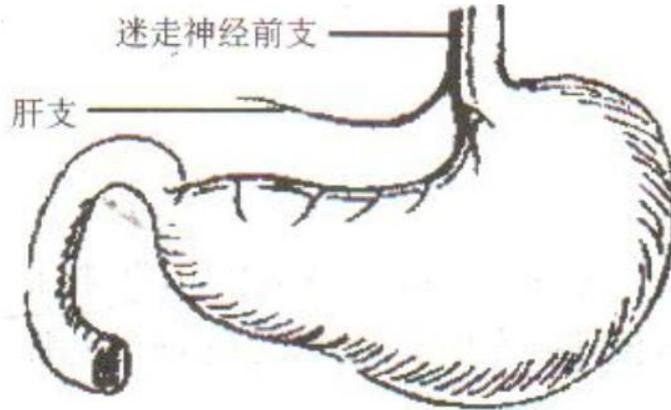


图 2-25-2 迷走神经前支解剖位置

2.连接实验装置 将记滴器输入导线分别连接在 ZL-620 系统的 CH2 和 CH4 通道上，ZL-620 刺激输出连接保护电极。启动 ZL-620 生物信号采集处理系统，设置好采样和刺激参数（2-25-1）。

表 2-25-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数			刺激器参数	
显示方式	记录仪		刺激模式	串刺激
采样间隔	1ms		时程	60s
X 轴显示压缩比	20: 1		波宽	0.2ms
通道	通道 2	通道 4	幅度	5V
DC/AC	DC	DC	频率	30Hz
处理名称	记滴	记滴		
放大倍数	5~50	5~50		
Y 轴压缩比	4: 1	4: 1		

3.实验观察

- (1) 观察正常状态下胰液和胆汁分泌量。
- (2) 耳缘静脉缓慢注射 1: 10 000 乙酰胆碱 0.5ml，观察胰液和胆汁的分泌量的变化。
- (3) 向十二指肠腔缓慢注射 37℃ 的 0.1mol/L 盐酸溶液 10~20ml，观察胰液和胆汁分泌量的变化。注意潜伏期长短，观察记录 30min。
- (4) 耳缘静脉注射促胰液素 1~2ml，观察胰液和胆汁分泌量的变化。



(5) 将所收集的胆汁 1ml 用生理盐水稀释 10 倍，然后从耳缘静脉注射 1ml 稀释胆汁，观察胰液和胆汁分泌量的变化。

(

6) 电刺激膈下迷走神经，观察胰液和胆汁分泌量的变化。

【实验结果】

记录每项实验观察的结果，并对所观察到的现象进行解释。

【注意事项】

1. 为避免胃肠在空气中暴露时间过长，而使腹腔温度下降、胃肠表面干燥而影响正常活动，应随时用温蒂罗德液湿润胃肠，并用温热生理盐水浸过的纱布保护好切口。
2. 每项观察前，必须先取一对照值。

【思考题】

1. 向十二指肠内注入盐酸后，胰液和胆汁的分泌有何变化？为什么？
2. 静脉注射胆囊胆汁后，胰液和胆汁的分泌变化是否相同？为什么？
3. 刺激迷走神经和注射促胰液素引起的胰液和胆汁分泌有何不同？



实验二十六 离体小肠平滑肌运动

【实验目的】

学习动物离体器官灌流的方法，观察化学物质对离体小肠平滑肌运动的影响，加深对消化道平滑肌生理特性的理解。

【实验原理】

消化道平滑肌具有与心肌、骨骼肌不同的生理特性，主要表现在自动节律性缓慢而不规则，伸展性较大，兴奋性较低，具有一定的紧张性，对化学物质、温度改变及牵张刺激较为敏感。本实验所用的测量离体小肠平滑肌活动的方法，不仅在理论上可以证明平滑肌活动的特点，而且这种方法还可用来测定微量化学物质或药物的生物学特性。

【实验对象】兔或豚鼠。

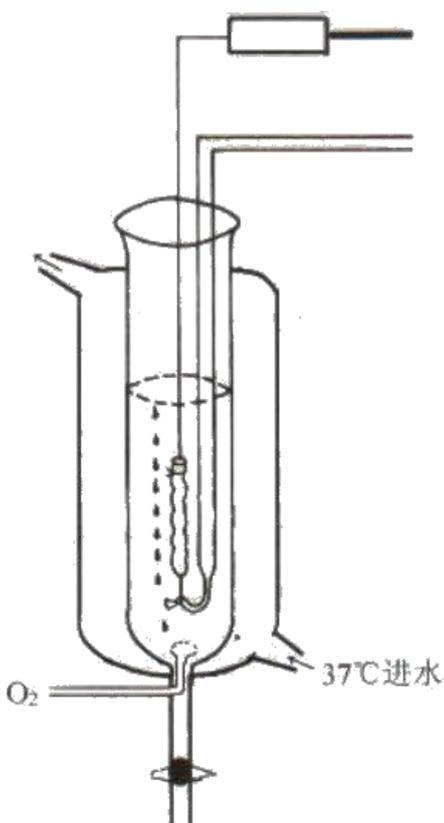
【实验器材和药品】

改良式离体组织灌流装置、ZL-620 生物信号采集处理系统、张力换能器（量程为 10 克）、铁支架、微调固定器、温度计、1ml 注射器、腰穿长针头、烧杯、台氏溶

液、1: 10000 肾上腺素溶液、1: 10000 乙酰胆碱溶液、1% CaCl_2 溶液、NaOH 溶液 (1mol/L)、HCl 溶液 (1mol/L) 等。

【方法和步骤】

1.改良式离体组织灌流装置的准备 在改良式离体组织灌流装置（图 2-26-1）中事先向中心管内加蒂罗德液 10ml，在玻璃管壁上做一标记。实验时加蒂罗德液，每次均加到这一标记处。开





启恒温槽，使其温度保持于 37°C 。通气管用橡皮管与球胆相连，球胆内装有混合气体（ $5\%\text{CO}_2$ 和 $95\%\text{O}_2$ ）。通气管前端较细，使逸出的气泡细小而均匀。蒂罗德液瓶放置较高位置，与平滑肌槽入口相连（途中有恒温装置），以便做更换蒂罗德液之用。

2.制备标本 将兔或豚鼠执于手中倒悬，用木槌猛击后脑部，使其昏迷，立即剖开腹腔，找出胃幽门与十二指肠交界处，以此处为起点取长 $20\sim 30\text{cm}$ 的肠管。用蒂罗德液冲洗肠段内容物，置于低温（ $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ ）的蒂罗德液内。实验时剪取一段长约 2cm 的肠段，用细丝线于其两端各扎一结，一段系于固定钩上，另一端与张力换能器相连。适当调节魑器高度，使其与标本之间松紧度合适。并且注意连线垂直，不得与浴槽的管壁接触，以避免摩擦。

3.连接实验装置 张力换能器输入端连至通道 2，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统，点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“离体肠肌运动”，参数设置如表 2-26-1 所示。

表 2-26-1 ZL-620 采样参数表

显示方式	记录仪	DC/AC	DC
采样间隔	50ms	处理名称	张力
X 轴显示压缩比	20: 1	放大倍数	50~200
通道	通道 2	Y 轴压缩比	4: 1

4.观察项目

（1）自动节律收缩：描记一段离体小肠平滑肌的收缩曲线，此时不给予任何刺激，观察收缩曲线的节律、波形和幅度（注意：收缩曲线的基



线升高，表示小肠平滑肌的紧张性升高；相反，收缩曲线的基线下降，表示紧张性降低）。

(2)乙酰胆碱的作用：用 1ml 注射器取 1:10 000 乙酰胆碱溶液 0.3ml，插入中心管内。将乙酰胆碱溶液注入后，观察小肠平滑肌收缩曲线的变化。在观察到明显的效应后，更换蒂罗德液，反复 3 次，以洗涤残留的乙酰胆碱。待平滑肌收缩恢复后，进行下一观察。

(3)肾上腺素的作用：同上法，将 1:10 000 肾上腺素溶液 0.3ml 注入中心管内，观察小肠平滑肌的收缩变化。

(4)氯化钙的作用：同上法注入 1%CaCl₂ 溶液 0.3ml，观察平滑肌的反应。

(5)盐酸的作用：同上法注入 1mol/L 的 HCl 溶液 0.3ml，观察平滑肌的反应。

(6)氢氧化钠的作用：给予 1mol/L 氢氧化钠溶液 0.3ml，观察平滑肌的反应。

【实验结果】

1. 结果以实测数值或处理前后的变化百分比表示。
2. 统计全班各组的结果，以平均值±标准表示，比较各种处理前后小肠平滑肌收缩幅度的变化，并用直方图表示。
3. 将本组的实验记录曲线贴在报告纸上，并对实验记录进行分析。

【注意事项】

1. 加药液以前，应先准备好更换用的 37℃ 的蒂罗德液。
2. 上述各药液加入的量系参考数据，可以根据平滑肌的反应而改变加



入量。

3. 每次效果明显后，立即放掉含药液的蒂罗德液，并冲洗多次，以免平滑肌出现不可逆反应。

【思考题】

1. 小肠平滑肌有什么特性？上述各种因素如何影响小肠平滑肌运动？
2. 有一未知药液加入浴槽内，可引起平滑肌收缩幅度加大，基线升高，如果事先加入阿托品，再加入此药液，平滑肌基本上无反应，设想此药液中可能含有什么物质？



实验二十七 胃肠运动观察

【实验目的】

观察胃肠运动的各种形式以及神经和某些药物对胃肠道运动的影响。

【实验原理】

胃肠道平滑具有自发性节律运动，有多种运动形式，在消化道的不同部位运动形式也有所差别，但消化道运动的基本形式是蠕动。在整体内，消化管的运动受神经和激素的调节。

【实验对象】兔。

【实验器材】

兔手术台、哺乳动物手术器械、保护电极、ZL-620 生物信号采集处理系统、在体胃肠张力换能器、注射器、蒂罗德液、20%氨基甲酸乙酯溶液、1:10000 肾上腺溶液、1:10000 乙酰胆碱溶液、阿托品注射液、新期的明注射液。

【方法和步骤】

1.动物手术

(1) 从耳缘静脉注射 20%氨基甲酸乙酯溶液 (5ml/kg)，动物麻醉后，背位固定于兔手术台。

(2) 颈部和腹部剪毛，沿颈部正中切开皮肤，分离气管并行气管插术。

(3) 从胸骨剑突下沿腹中线剖开腹壁，暴露胃肠，以备观察。在膈下食管末端找出迷走神经前支，下穿线备用。

(4) 用温热盐水纱布将小肠推向右侧，在左侧腹后壁肾上腺的上方找出左侧内脏大神经，下穿线备用。

(5) 将在体胃肠张力换能器缝合在胃肠壁上，固定。



(6) 为了便于肉眼观察, 可用 4 把止血钳将腹壁切口夹住、悬挂, 形成一皮兜, 腹腔内可灌注 38℃生理盐水。

2.连接实验装置 在体胃肠张力换能器连接 ZL-620 的 CH2 通道, ZL-620 刺激输出连接保护电极。启动 ZL-620 生物信号采集处理系统, 点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”, 选择“胃肠运动观察”, 设置采样和刺激参数(表 2-27-1)。

表 2-27-1 ZL-620 采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数	
显示方式	记录仪	刺激模式	串刺激
采样间隔	50ms	时程	30s
X 轴显示压缩比	20: 1	波宽	1ms
通道	通道 2	幅度	1V
DC/AC	DC	频率	30Hz
处理名称	张力		
放大倍数	50~200		
Y 轴压缩比	4: 1		

3.实验观察

(1) 先观察未受刺激时的胃肠运动形式和紧张度(胃肠有无蠕动, 如有蠕动, 记录蠕动频率、行走的方向及起源)。

(2) 用串刺激刺激迷走神经, 观察胃肠运动的变化。

(3) 用串刺激刺激内脏大神经, 观察胃肠运动的变化。

(4) 耳缘静脉注射 1: 10 000 乙酰胆碱溶液 0.5ml, 或者接滴加在胃和小肠表面, 观察胃肠运动的变化。



(5) 耳缘静脉注射 1: 10 000 肾上腺素 0.5ml, 或直接滴加在胃和小肠表面, 观察胃肠运动的变化。

(6) 耳缘静脉注射新斯的明 0.2~0.3mg, 观察胃肠运动的变化。

(7) 耳缘静脉注射阿托品 0.5mg, 再观察胃肠运动的变化。

【实验结果】

1. 结果以实测数值或处理前后的变化百分比表示。
2. 统计全班各组的的结果, 以平均值±标准差表示, 比较各种处理前后小肠平滑肌收缩幅度的变化, 并用直方图表示。
3. 描述各项实验所观察到的现象, 并说明其原因。

【注意事项】

1. 麻醉不宜过深, 以免各种现象不明显。麻醉动物要保温, 电刺激强度要适中, 不可过强。
2. 为了避免胃肠因暴露时间过长、腹腔内温度下降、表面干燥而影响胃肠运动, 应随时用温盐水湿润胃肠。

【思考题】

1. 试比较平滑肌、心肌和骨骼肌生理特性的异同点。
2. 小肠运动的主要形式有哪些? 各有何生理意义?
3. 新斯的明的药理作用是什么?



实验二十八 尿生成的影响因素

【实验目的】

通过观察影响尿生成的若干因素，加深对尿生成过程及其调节机制的理解。

【实验原理】

尿生成的过程包括肾小球的滤过、肾小管和集合管的选择性重吸收和分泌三个基本环节。凡能影响上述过程的因素，都可以影响尿的生成，从而引起尿的质或量发生改变。

【实验器材】兔。

【实验器材】

哺乳动物手术器械、兔手术台、ZL-620 生物信号采集处理系统、血压换能器、记滴器、动脉插管、气管插管、膀胱插管、保护电极、注射器、试管及试管夹、酒精灯、20%氨基甲酸乙酯溶液、生理盐水、20%葡萄糖溶液、1:10000 去甲肾上腺素溶液、垂体后叶素、肝素、呋塞米（速尿）、班氏试剂。

【方法和步骤】

1.动物准备

(1) 耳缘静脉注射 20%氨基甲酸乙酯溶液（5ml/kg 体重）麻醉家兔，仰卧位固定于兔手术台。

(2) 颈部手术分离左侧总动脉，做动脉插管，以记录血压；分离右侧迷走神经，穿丝线备用。

(3) 腹部手术：在耻骨联合上方沿正中线做约 3cm 的切口，沿腹白线剪开腹壁，将膀胱移出腹外。辨认清楚膀胱结构后，选择血管较少部位做一小切口（图 2-28-1），插入膀胱插管，用粗线结扎固定。注意保持插管与输尿管之间的畅通，避免堵塞。



然后将插管另一端用导管连至记滴器，以记录尿量。

在颈部、腹部手术完毕后，均用浸有 38℃ 的生理盐水纱布覆盖创面。

2.连接实验装置 将血压换能器和记滴器分别连接在系统 ZL-620 的 CH2 和 CH4 通道上，ZL-620 刺激输出连接保护电极。启动 ZL-620 生物信号采集处理系统，点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“尿生成的影响因素”，设置采样和刺激参数（表 2-28-1）。

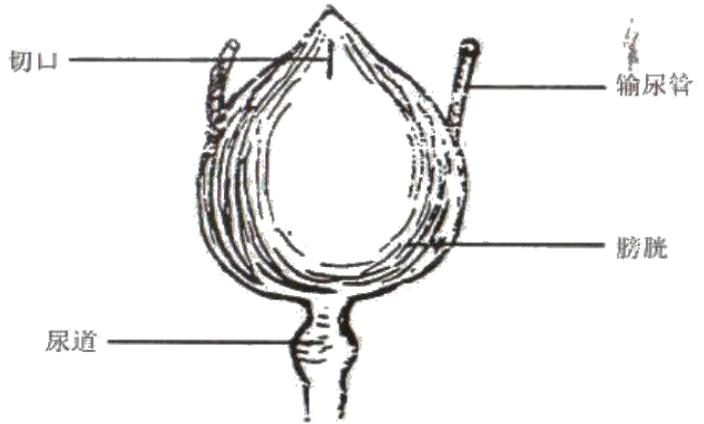


表 2-28-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数			刺激器参数	
显示方式	记录仪		刺激模式	串刺激
采样间隔	1ms		时程	30s
X 轴显示压缩比	20: 1		波宽	0.2ms
通道	通道 2	通道 4	幅度	5V
DC/AC	DC	DC	频率	30Hz
处理名称	血压	记滴		
放大倍数	100~200	5~50		
Y 轴压缩比	4: 1	4: 1		

3.实验观察

- (1) 记录正常血压和尿量。
- (2) 耳缘静脉快速注入 38℃ 的生理盐水 20ml，观察血压和尿量的变化。
- (3) 耳缘静脉注入 20% 葡萄糖溶液 5ml，观察血压和尿量的变化。在注射前后各取尿液数滴，分别用班氏试剂做尿糖定性试验，注意液体的颜色变化。
- (4) 耳缘静脉注射 1: 10 000 去甲肾上腺素溶液 0.3ml，观察血压和尿量的变化。
- (5) 耳缘静脉注射速尿 (5mg/kg)，观察血压和尿量的变化。
- (6) 耳缘静脉注射垂体叶素 2U，观察血压和尿量的变化。



(7) 结论并剪断右侧迷走神经，以中等强度的电压反复刺激其外周端，使血压下降并维持在 6.65kPa (50mmHg) 左右约 20~30s，观察尿量有何变化。

【实验结果】

1. 将各项实验所见的血压（收缩压、舒张压和平均压）和尿量变化，逐一记录在表。
2. 统计全班各组的结果，以平均值±标准差表示，比较各种处理前后血压（收缩压、舒张压和平均压）和尿量变化，并用直方图表示，分析其原因。

【注意事项】

1. 本实验需要多次进行耳缘静脉注射，应注意保护之。静脉穿刺应从耳尖开始，逐步移向耳根。
2. 手术操作要轻柔，避免引起损伤性尿闭。腹部切口不可过大，剪开腹膜时应避免损伤内脏。
3. 每进行一项实验，均应等血压和尿量基本恢复后再进行，以排除其他因素对实验结果的影响。
4. 尿糖定性试验方法 试管内加 1ml 班氏试剂，加入尿标本数滴，在酒精灯上加热煮沸。冷却后观察溶液和沉淀物的颜色改变，蓝色为阴性，若颜色变为绿色、黄色或者砖红色，则为阳性，且其含糖量依次升高。

【思考题】

1. 一次口服大量清水和静脉快速滴注大量生理盐水时，尿量变化有何异同？其作用机制如何？
2. 静脉注射 20% 葡萄糖溶液对尿量的影响如何？为什么会出现尿糖？
3. 呋塞米的利尿原理是什么？临床应用需注意什么？
4. 尿生成的影响因素有哪些？



实验二十九 大脑皮质诱发电位

【实验目的】

学习诱发电位的记录方法，观察电刺激躯体感觉神经在大脑皮质相应区域引出的诱发电位。

【实验原理】

诱发电位一般是指感觉传入系统，包括感觉器官、感觉神经或感觉传导途径上的任何一点受到刺激时，在中枢神经系统内诱发产生的电位变化。在皮质上某上局限区域引出的这种电位变化称为皮质诱发电位。由于皮质随时在活动并产生自发脑电波，因此诱发电位时常夹杂出现在自发脑电波上。自发脑电位越小，则诱发电位越清楚，因而常使用深度麻醉方法来压低自发脑电位和突出诱发电位。

【实验对象】兔。

【实验器材】

哺乳类动物手术器械、兔手术台、骨钻、咬骨钳、骨蜡、保护电极、ZL-620 生物信号采集处理系统、2mm*5mm 铜螺丝 2 只或皮质引导电极（可用银丝电极，头端呈球形，制成弹簧状）、滴管、棉花、20%氨基甲酸乙酯溶液、38℃液状石蜡。

【方法和步骤】

1.动物手术

(1) 耳缘静脉注射 20%氨基甲酸乙酯溶液（5ml/kg）麻醉家兔，注意观察兔的反应，在实验过程中可酌情补充麻醉药，以维持于一定的麻醉深度，一般以呼吸维持在每分钟 20 次大喘，皮质自发电位较小为宜。

(2) 将家兔仰卧固定，行气管插管术。

(3) 将家兔俯卧固定，在右侧前肢肘部的桡侧切开皮肤，寻找分离桡浅



神经约 3cm 长，用一沾有液状石蜡（38℃）的棉花包裹保护之，并将皮肤切口关闭、夹好备用。

（4）剪去头顶部兔毛，正中切开皮肤，用刀柄钝性分离骨膜，暴露颅骨骨缝。在左侧颅骨的冠状缝后 3mm、矢状缝旁开 4mm 的位置用骨钻钻一小孔（直径约 1.5mm），如遇出血，用骨蜡止血。将铜螺丝旋入孔内，旋到底，使铜螺丝的头部与硬脑膜相接触。用同法将另一个铜螺丝旋入远离第一个铜螺丝的颅骨内，或在孔内放入引导电极并使引导电极接触硬脑膜。

2.连接实验装置

（1）保护电极将桡浅神经钩好并用液状石蜡棉球保护，无关电极夹在头皮切口缘上，动物接地，并把整个手术台连同动物放入屏蔽箱中。

（2）刺激电极和引导电极分别与 ZL-620 生物信号采集处理系统的刺激输出和输入接口相连。

（3）打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统，点击面板“实验项目”，选择“家兔大脑皮质诱发电位”。按照表 2-32-1 参数设置 ZL-620 系统。

表 2-32-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数		
显示方式	示波器（触发叠加 100 次）		刺激模式	主周期刺激
采样间隔	20us		主周期	2s
X 轴显示压缩比	10: 1		波宽	0.1ms
通道	通道 1	通道 4	幅度	1V
DC/AC	AC	记录刺激标记	间隔	50ms
处理名称	脑电	刺激标记	脉冲数	1
放大倍数	10 000	5~50	延时	1ms
Y 轴压缩比	4: 1	64: 1	周期数	连续



3.观察项目

(1) 刺激桡浅神经，可见同侧肢体轻微抖动，逐渐增加刺激强度，观察辨认皮质诱发电位。如诱发电位不明显，可移动引导电极的位置，寻找较大、恒定的诱发电位区域。

(2) 用 1Hz 的连续脉冲刺激神经，可在显示屏上见到一个稳定的先正后负的诱发电位图像（图 2-32-1）。

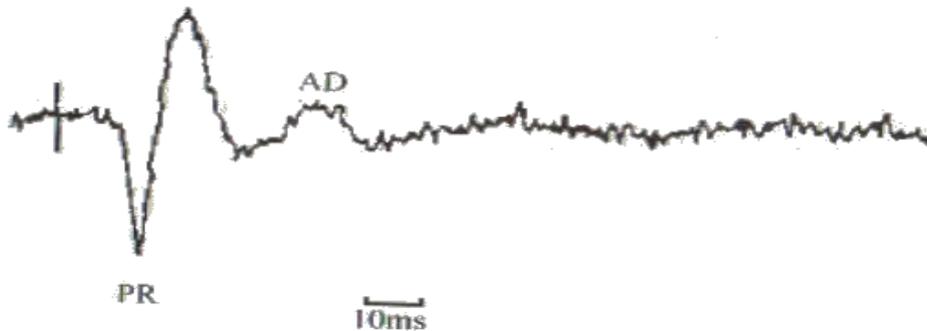


图 2-32-1 兔大脑皮质平均诱发电位

PR: 主反应; AD: 后发放

【实验结果】

绘制（打印）一个典型的先正后负的诱发电位图像。

【注意事项】

1. 麻醉深度以自发脑电稳定为准。
2. 手术过程中尽量减少出血。
3. 在颅骨上钻孔时，切勿损伤硬脑膜。
4. 对神经要注意保温与防止干燥。
5. 整个实验要防干燥。

【思考题】

1. 度分析诱发电位潜伏期长短同什么相关？
2. 皮质诱发电位的主反应是否是动作电位？



实验三十 耳蜗微音器电位

【实验目的】

了解微音器电位的记录方法，观察微音器电位。

【实验原理】

当耳蜗受到声音刺激时，在耳蜗及其附近部位可记录到一种与刺激声波的波形、频率相一致的电位变化，称为耳蜗微音器电位（CM）。这种电位最大可达数毫伏，频率响应达 10000Hz 以上。微音器电位的潜伏期小于 0.1ms，没有不应期，在温度下降、深度麻醉、甚至动物死亡后半小时内，微音器电位并不消失。所有这些现象均表明微音器电位不是神经纤维的活动，而是声波刺激的机械能转换为神经活动过程中产生的一种电现象，属于感受器电位，可能起源于毛细胞。给动物一短声刺激，在微音器电位之后可引导出耳蜗神经动作电位，为负相电位。在声音位相改变时，它的位相不变，仍为负相电位，一般可记录到 2~3 个负波（ N_1 、 N_2 、 N_3 ）。这些负电位可能是不同神经纤维的动作电位同步化的结果，电位的大小反映被兴奋的神经纤维数目的多寡。

【实验对象】豚鼠。

【实验器材】

哺乳类动物外科手术器械、ZL-620 生物信号采集处理系统、扬声器、示波器、银丝引导电极（用直径 0.3~0.5mm 丝银丝一小段，尖端熔成直径为 0.5~0.6mm 的球形，银丝外套细塑料管；参考电极用针灸针制成，接地电极用不锈钢注射器针头）、电极操纵器、20%氨基甲酸乙酯溶液。

【方法和步骤】

1. 手术准备



(1) 豚鼠麻醉：用 20%氨基甲酸乙酯溶液按 5~6ml/kg 的剂量行腹腔麻醉。

(2) 暴露颞骨乳突：动物麻醉后，沿豚鼠耳郭根部后缘切开皮肤或剪去耳郭，分离组织，剔净肌肉，暴露外耳道口后方的颞骨乳突部（或擦针）轻轻地钻一个小孔，再慢慢将其扩大成直径约 3~4mm 的骨孔，该孔内部即为鼓室。借放大镜经骨孔向前方深部窥视，在相当于外耳道口内侧的深部，可见自下向上兜起的耳蜗底转的后上部分及底转上方的圆窗。圆窗口朝向外上方，其前后径约为 0.8mm 左右（图 2-39-1）。将豚鼠头部侧握于左手，使其头部嘴端稍稍向下垂以便电极插入。用右手操纵电极操纵器，把引导电极经骨孔向深部插入，使电极的球形端与圆窗膜接触（此过程要十分精确，切不可戳破，以免外淋巴流出，使微音器电位减小和实验时程缩短）。把参数电极夹在豚鼠头部伤口肌肉上，并在前肢皮下插一注射针头作为动物接地电极。然后，仔细地接好各电极的导线，把扬声器置于豚鼠的耳旁，即可进行实验。

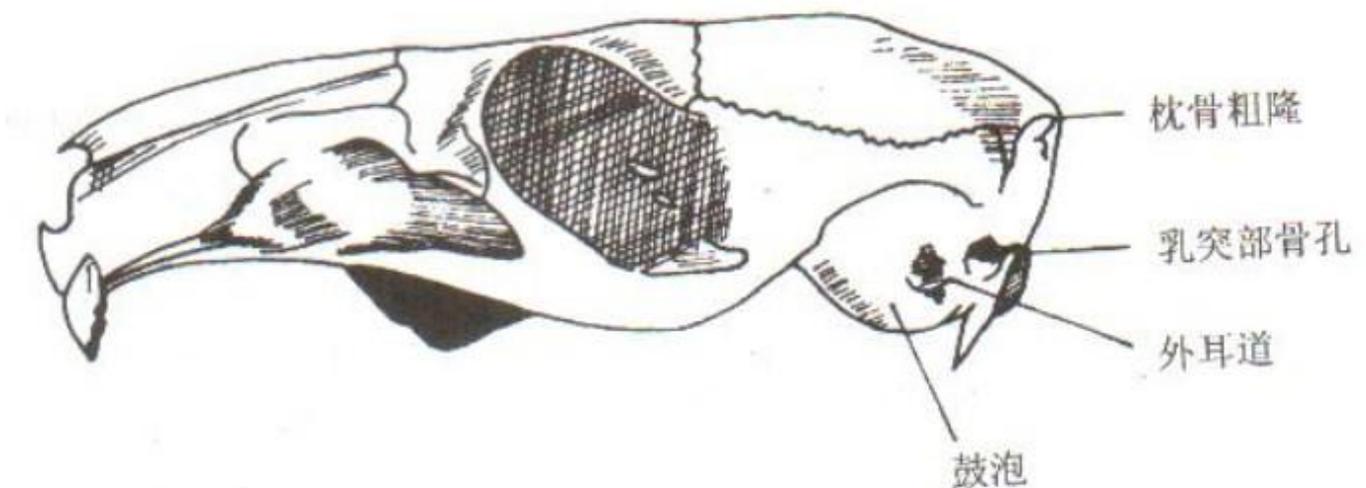


图 2-39-1 电极安放位置

2. 仪器连接和参数设置



(1) ZL-620 生物信号采集处理系统的刺激器输出端与豚鼠耳旁的扬声器（或扩音器）相连；将耳蜗微音器电位及耳蜗神经动作电位引导接至 ZL-620 第一通道（CH1），ZL-620 第一通道输出端（在背面）接至扩音器（或磁带录音器），以监听微音器电位。

(2) 打开计算机，启动 ZL-620 生物信号采集处理系统。点击 ZL-620 菜单“实验/常用生理学实验”，选择“耳蜗微音器电位”。设置 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数（表 2-39-1）。

表 2-39-1 ZL-620 放大器、采样和刺激器参数表

采样参数		刺激器参数		
显示方式	示波器（叠加触发）		刺激模式	主周期刺激
采样间隔	20us		主周期	2s
X 轴显示压缩比	50: 1		波宽	0.2ms
通道	通道 1	通道 4	幅度	0.5V
DC/AC	AC	记录刺激标记	间隔	1ms
处理名称	耳蜗电位	刺激标记	脉冲数	1
放大倍数	10 000	5~50	延时	1ms
Y 轴压缩比	4: 1	64: 1	周期数	连续

3. 实验观察

(1) 仪器连接好后，试在豚鼠耳旁拍手、讲话或唱歌，这时在远隔的扩音器处是否可以听到同样的声音？并注意观察耳蜗微音器电位的波形。

(2) 启动刺激器，使扬声器发生短声。调节刺激器的输出强度及延迟，以便在示波器荧光屏和显示器上可观察到刺激伪迹后的微音器电位和在微音器电位后面的耳蜗神经动作电位（图 2-39-2）。计算从刺激伪迹到微音器电位开始的时间（潜伏期）。

(3) 将刺激器与扬声器相连的两条导线对调（改变极性），观察微音器电位及随后的耳蜗神经动作电位的位相变化。



【实验结果】

描绘（或打印）并比较、讨论耳蜗微音器电位及耳蜗神经动作电位图形。

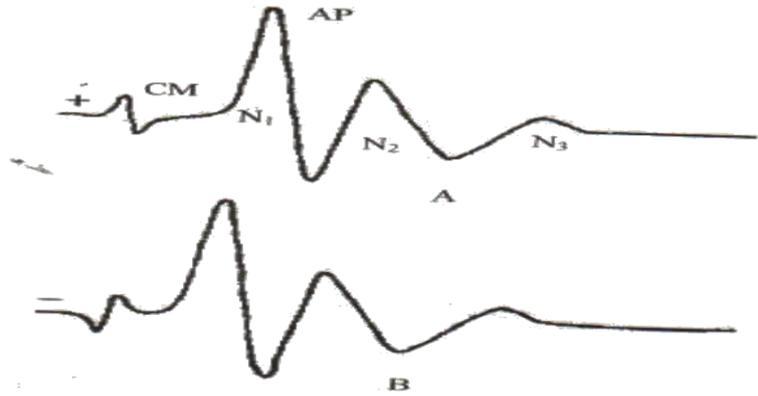


图 2-39-2 由短声刺激引起的微音器电位和听神经动作电位

CM: 微音器电位; AP: 耳蜗神经动作电位（包括 N_1 、 N_2 、 N_3 三个负电位）

【注意事项】

1. 骨窗开口位置要找准确，窗口不宜过大，严防外部渗血侵入。
2. 电极进入鼓室时，不要碰触到周围骨壁及组织，以免短路。
3. 电极不宜反复多次插入，最好是找准位置一次性成功。

【思考题】

试比较耳蜗微音器电位和耳蜗神经动作电位有何不同？