



高等院校生命科学实验系列教材

生理学实验

主 编 孙久荣 黄玉芝



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

高等院校生命科学实验系列教材

生理学实验

主 编 孙久荣 黄玉芝
编写人员 孙久荣 黄玉芝 于龙川
 艾洪滨 曾月英等



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

生理学实验/孙久荣,黄玉芝主编. —北京:北京大学出版社,2005.9

(高等院校生命科学实验系列教材)

ISBN 7-301-08973-2

I. 生… II. ①孙…②黄… III. 生理学—实验—高等学校—教材 IV. Q4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 045291 号

书 名: 生理学实验

著作责任者: 孙久荣 黄玉芝 主编

责任编辑: 陈小红

标准书号: ISBN 7-301-08973-2/Q·0105

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> 电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 市场营销中心 62750672 编辑部 62752038

排版者: 兴盛达打字服务社 82715400

印刷者: 北京大学印刷厂

经销者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 460 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷

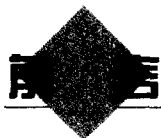
定 价: 28.00 元

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,翻版必究

内 容 简 介

生理学是一门实验性很强的科学。生理学实验是学好生理学不可缺少的课程之一。本书是在北京大学生理学及生物物理学系多年的教学科研经验基础上编写出来的。力求使学生获得良好的动物解剖学、组织学知识及较好的生理学实验技术能力。本书根据目前较先进的实验仪器和设备进行编写,在内容的广度和深度上都有较大提高。全书分为三部分:概论、实验指导与附录。概论中特别对新型实验仪器进行了介绍。实验指导部分按照神经与肌肉、血液、循环系统、呼吸系统、消化系统、泌尿系统、感受器、中枢神经系统、内分泌系统划分,分别介绍了各实验。附录主要介绍了慢性外科手术及玻璃微电极拉制等技术。



北京大学生命科学学院生理学及生物物理学系在生理学实验教学方面具有传统优势和坚实基础。在实验教学中贯彻要求学生掌握基本技术和方法,提高做学问素质的教学原则,同时注重教学内容和实验方法的改革与时俱进,不断推动生理学实验教学的发展。上世纪 50 年代我们的老师与苏联合作组建立的巴甫洛夫条件反射实验室,成为当时我国神经生理学研究的核心之一;80 年代根据当时神经生理学的发展,教学内容突出了电生理学实验方法的建设;90 年代随着细胞生理学的进展,依托生物膜及膜生物工程国家重点实验室,教学内容引进了微电极和膜片钳技术;从 90 年代开始,我们面向全国(除西藏和港澳台外)举办了八届生理学实验技术学习班,推动了我国生理学实验教学的发展;近年来,随着教育改革的深入发展,在已有优势的基础上,我们加大力度进行了实验室改造,教学内容和实验方法更新换代,完成了生理学信息计算机采集和分析系统的建设,使实验教学的内容、方法和质量有了全方位的飞跃。

本生理学实验教材是在参考了国内外多种教材,继承和发展我系在生理学实验教学的传统优势和坚实的基础上完成的。编写人员都有多年从事生理学实验教学的经验和教训,所编写的内容是从多年使用和多次改写的生理学专业实验讲义中选取的,力求做到内容充实、结果真实、图文并茂。在内容上加大了实验背景和相关知识的介绍,提供了我们的实验结果示例,在基本的实验内容中增加了选做实验和实验设计内容,文中的思考题和参考文献开拓和加深了实验的广度和深度,既方便初学者自己学习,又是专业实验人员和教师的教学参考资料。

由于时间仓促,不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2004 年 12 月 25 日



一 概 论

1. 实验室规则(学生)	1
2. 生理学实验报告模式	2
3. RM6240B 多道生理信号采集处理系统操作简介	3
4. 常用换能器(传感器)	7

二 神经与肌肉部分

实验 1 蟾蜍坐骨神经-腓肠肌标本的制备及阈刺激强度和最大刺激强度的测定	9
实验 2 骨骼肌的单收缩和收缩总和	13
实验 3 观测蟾蜍坐骨神经的动作电位	16
实验 4 测量蟾蜍坐骨神经动作电位的传导速度	23
实验 5 观测蟾蜍坐骨神经兴奋的不应期	27
实验 6 不同刺激波宽下坐骨神经的刺激效应	30
实验 7 记录蚯蚓神经巨纤维的动作电位	33
实验 8 蚯蚓巨神经纤维电活动的温度效应	36
实验 9 观测蟾蜍坐骨神经单纤维动作电位	38
实验 10 容积导体——由神经冲动产生的电场	41
实验 11 骨骼肌的终板电位和动作电位	45
实验 12 神经兴奋至肌肉收缩过程中的信号	49
实验 13 交互神经支配及双重交互神经支配	51

三 血 液 部 分

实验 14 人体血细胞计数	53
实验 15 人体血红蛋白含量测定	56
实验 16 ABO 血型的鉴定与配血实验	58
实验 17 红细胞的渗透脆性	61

四 循环系统部分

实验 18 心脏的节律性活动与心电图	63
实验 19 心脏的期外收缩和代偿间歇	66

实验 20	蟾蜍心脏的起搏点	68
实验 21	蟾蜍心脏的神经支配	70
实验 22	家兔动脉血压的调节	73
实验 23	神经和体液因素对蟾蜍心脏和血压的调节	78
实验 24	家鸽和鲫鱼心电图及心电向量图的记录	82
实验 25	家兔颈动脉窦反射	86
实验 26	神经递质和细胞因子对血管活动的影响	92
实验 27	检测心脏植物神经释放的递质	95
实验 28	蟾蜍在体心肌细胞动作电位的记录	99
实验 29	心肌细胞的分离和离体心肌细胞动作电位的观测	103
实验 30	观测家兔减压神经放电活动	107

五 呼吸系统部分

实验 31	家兔呼吸运动的调节	112
实验 32	观测家兔膈神经放电活动	117
实验 33	呼吸神经元放电节律活动	121
实验 34	刺激家兔第四脑室底对呼吸和血压活动的影响	124

六 消化系统部分

实验 35	消化管运动及离体小肠平滑肌的生理特性	129
实验 36	狗唾液腺分泌活动的调节	132
实验 37	大鼠胃运动的记录方法	139
实验 38	家兔胃肠运动形式的观察	142
实验 39	电刺激大鼠迷走神经背核对胃酸分泌的影响	144

七 泌尿系统部分

实验 40	影响尿生成的因素	147
-------	----------------	-----

八 感受器部分

实验 41	蜚蠊足单个棘-钟形机械感受器神经冲动发放的记录	151
实验 42	观测蟾蜍皮肤感受器的传入冲动	154
实验 43	观测肌梭传入放电活动	162
实验 44	记录豚鼠耳蜗微音器电位和听神经动作电位	168
实验 45	损伤前庭感受器对大鼠运动平衡能力的影响	173

九 中枢神经系统部分

实验 46	反射时的测定和反射弧分析	177
实验 47	脊髓背根传入和腹根传出功能的观测	179
实验 48	应用多管微电极记录大鼠脊髓背角神经元的放电活动	182
实验 49	在脊髓水平吗啡镇痛作用的测定	187
实验 50	乙酰胆碱的生物测定	192
实验 51	蜚蠊腹神经索自发及诱发反应	194
实验 52	切断穹隆对大鼠硬性脑挫伤后运动行为恢复的影响	198
实验 53	损毁小白鼠小脑对肌紧张及运动协调的影响	202
实验 54	观测损伤小脑对鸽子运动行为的影响	204
实验 55	家兔去大脑僵直	206
实验 56	植物神经外周通路的确定	208
实验 57	损毁下丘脑对家兔体温的影响	215
实验 58	观测下丘脑脑片温敏神经元的放电活动	218
实验 59	家兔大脑皮层诱发电位	225
实验 60	水迷宫观察大鼠空间学习记忆的能力	232
实验 61	损伤海马对大鼠学习记忆能力的影响	236
实验 62	家兔大脑皮层运动区的刺激效应	239
实验 63	观测下丘脑腹内侧核外侧区对摄食行为和体重的影响	241
实验 64	在丘脑和大脑皮层记录刺激腹后外侧核和中央中核的诱发电位	245

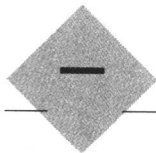
十 内分泌系统部分

实验 65	胰岛素休克现象	250
实验 66	切除肾上腺对小白鼠应激能力的影响	251
实验 67	切除卵巢对小白鼠动情周期的影响	254

附 录

附录 I	常用生理溶液的配制	258
附录 II	哺乳类动物常用麻醉剂用量及用法	259
附录 III	实验室常用的手术器械及使用方法	260
附录 III.1	常用手术器械	260
附录 III.2	常用电极及使用	266
附录 III.3	外科手术的基本操作训练	267
附录 IV	慢性外科手术技术	270
附录 IV.1	外科手术的前期准备及主要用品	270

附录Ⅳ.2 胃瘘手术	272
附录Ⅳ.3 巴氏小胃手术	274
附录Ⅳ.4 腮腺导管外引术(唾液瘘)	276
附录Ⅳ.5 肠吻合手术	277
附录Ⅴ 玻璃微电极的拉制	280



概 论

1. 实验室规则(学生)

(1) 学生在实验课前应充分预习与当次内容有关的实验教材和相关理论知识。明确了解本次实验的内容和目的,对如何做好本次实验应有初步的设想,最好做出预习笔记。只有做到胸中有数,才能避免盲目性,保证实验的顺利进行。

(2) 学生应自觉遵守学习纪律,不迟到不早退。凡迟到超过 15 分钟以上者将被取消当次实验资格。因故不能参加实验者应在课前向教师请假。

(3) 除实验用书和笔记本外,其他一切物品不得携入实验室内。特别提醒不能将食品饮料携入实验室。

(4) 保持实验室的肃静,进入实验室应自觉关闭手机,课上不准拨打和接听电话和信息。禁止在室内说笑和大声喧哗。

(5) 爱护实验仪器和材料,在未熟悉了解仪器的操作规程前,请勿随意拨弄仪器的按钮。管理好各自的仪器和手术器械,请勿乱拿乱借。仪器和手术器械使用完毕后,应将仪器各按钮归零位,将手术器械擦拭干净。填写仪器使用登记簿后,经教师检查合格后,方可离开实验室。

(6) 每次实验完成后,应向教师出示实验结果图形,经教师检查允许后方可离开实验室。

(7) 每次上课前将前一次的实验报告交给教师,无特殊原因请勿拖延。

(黄玉芝)

2. 生理学实验报告模式

实验报告是记录实验过程、结果及实验者对所获结果发表分析和见解的重要形式。书写实验报告时,最重要的一点是将采取的实验手段,实验中观察到的现象,描记的图形,拍照的照片等原始资料(即第一手的真实资料),原原本本地呈现出来。无论所获实验结果是否与期望的一致,都应保证资料的真实性。不要主观改动实验图形和数据,更不要抄袭他人的实验结果。每次书写的实验报告,就是一篇小的科学论文,要体现出真实性和科学性。学生可按以下模式书写生理学实验报告,也可根据具体实验情况创造出更好的书写模式。

1. 实验原理和目的

2. 实验内容和步骤

(1) 主要仪器线路的连接及所用的记录参数和刺激参数。

(2) 重要的手术步骤。

(3) 实验操作顺序。

3. 实验结果

(1) 原始描记图形。

(要求在图形的下方标出图形的名称,每一条描记线所代表的意义,坐标标尺,度量单位,实验时间及实验者。)

(2) 绘制的图形或表格。

(要求在图形的下方,表格的上方注明名称及度量单位,制图或制表时间和实验者。)

(3) 对相关图形和表格给予扼要的文字叙述和解释。

4. 实验结果的分析和讨论

(1) 写出对所得实验结果的理论解释。

(2) 对所得实验结果提出自己的见解,与他人类似实验的结果的异同点进行比较。

5. 有关的参考文献

(黄玉芝)

3. RM6240B 多道生理信号采集处理系统操作简介

一、仪器主要电钮和插孔的使用

- 电源开关钮：位于仪器后面板上。
- 输入通道(1~4)：位于仪器前面板上,用于接收所要记录的生理信号。
- 刺激输出孔：刺激信号输出处,用于连接刺激电极。
- 受滴孔：接受记滴实验的液滴输入。
- 监听：监听记录的信号。
- 刺激信号指示灯：显示刺激信号的输出。

二、系统软件的进入(1.3h-2.0c 版)

接通电源并开机后,在主页双击“RM6240B 多道生理信号采集处理系统”的图标,即刻进入该仪器系统主页。

1. 主页(图 1)

- 顶行菜单：标明多个菜单指令。
- 工具条(第二行)：各种工具栏和图标栏。
- 右纵条：即控制参数区,用于选择实验记录的各种参数。
- 左纵条：监视参数区,用于调整和处理记录到的波形。

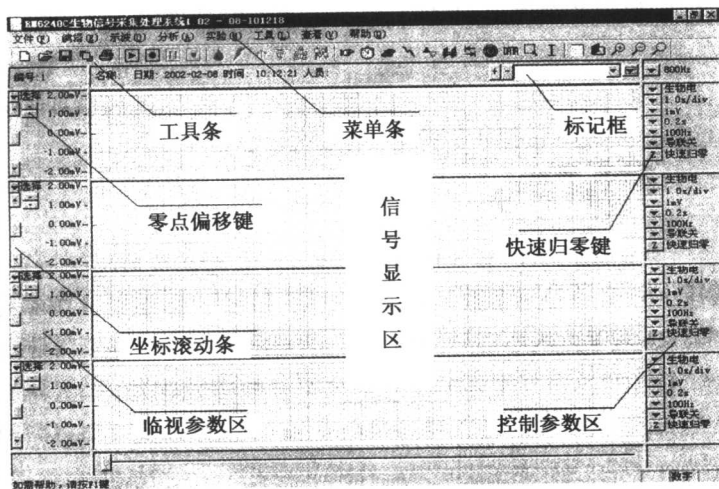


图 1 生理信号采集处理系统软件主页

2. 主页菜单和图标的含义

(1) 菜单条：包括文件操作、编辑、示波、记录、分析、工具及常用实验内容参数包等项。单击所需菜单项目,其将处于使用状态。

(2) 工具图标：共有 30 多个图标。除与顶行菜单相对应的图标外,还包括记滴、刺激器、刺激起始/停止、校验开关、50 Hz、导联开关、标记查询、回放、移动测量、斜率测量、面积测量、

区域测量、传导速度测量、周期测量、数据输出、鼠标捕捉、编辑、网格显示/关闭、测量信息显示/消失、波形纵向缩放、波形横向缩放、波形还原、打标记、增加标记、删除标记等图标。单击所需图标,将令其处于使用状态。

三、实验参数的选择方法

1. 选择采集频率

即设定系统的采样速率。操作方法是:用鼠标点击参数控制区右上角的“▼”标志,在跳出的纵向窗口中选择采集频率值,仪器的缺省值为 800 Hz。选择时请注意:

- 当实验需要同时使用 4 个通道记录时,仪器的最大采集频率只能到 20 kHz。
- 当实验需要同时使用 2 个通道记录时,仪器的最大采集频率只能到 40 kHz。
- 当实验只需要使用 1 个通道时(建议用通道 1),仪器的最大采集频率可达 100 kHz。

2. 选择使用通道

开机后仪器将显示出 4 个通道的扫描线。点击控制参数区的“生物电”标志,可将暂不使用的通道关闭(或重新开启),只留下待使用的通道。

3. 选择通道使用模式

点击“生物电”指标后,跳出的纵向窗口中包含生物电、血压、张力、常用项目等几种模式,点击所需模式(除以上几种模式外,根据实验需要还可自己创建模式,见创建新量纲项)。

4. 设定记录参数

选择了一种通道使用模式后,在跳出的纵向窗口中从上至下显示的参数分别为:

(1) $\times \times \text{s/div}$ (扫描速度):即 X 轴方向上单位格代表的时间值。点击 $\times \times \text{s/div}$ 标志,在跳出的纵向窗口中,选择所需的扫描速度。一般来说,记录快信号选择小数值;记录慢信号选择较大的数值;若同时使用几个通道记录时,每个通道扫描速度可单独设定。

(2) $\times \times \text{mV}$ (灵敏度):即 Y 轴方向每个单位格代表的幅度值。点击 $\times \times \text{mV}$ 标志,在跳出的纵向窗口中,选所需的灵敏度。一般来说,记录弱信号时应选择小数值;记录强信号选择较大的数值。请注意对应于不同时间常数下,灵敏度范围值也不同。

(3) $\times \times \text{s}$ (时间常数):点击 $\times \times \text{s}$ 标志,在跳出的纵向窗口中,就可选择放大器高通滤波器的时间常数。高通滤波是用来滤除信号的低频部分,时间常数与高通滤波器的低频截止频率成反比关系。若所需记录信号的有效成分频率较高,应选择数值小的时间常数。例如记录神经信号时,应选择小数值的时间常数。若所需记录、信号的有效成分频率较低,应选择数值大的时间常数或直流。例如记录肌肉张力信号时,可选择直流。当时间常数选择为直流时,放大器将不做低频滤波,此时将信号中的交流和直流成分均做了放大。

(4) $\times \times \text{Hz}$ (滤波频率):点击 $\times \times \text{Hz}$ 标志,在跳出的纵向窗口中,选择放大器的滤波频率。滤波代表放大器滤除信号的高频成分,即采集信号的上限截止频率。当采集信号的有效成分频率低时,应选择低的滤波频率,以消除高频成分的干扰。例如记录脉搏波时,选择 30 Hz 的滤波,代表此时放大器的上限截止频率为 30 Hz,高于 30 Hz 的各种干扰信号将被滤除。

5. 设定刺激参数

调出刺激器的面板界面有两种方法:其一,先点击菜单中的“示波”,在跳出的窗口中,点击“刺激器”。刺激器面板界面将出现在屏幕上,用鼠标在刺激器面板上选定各项刺激参数。其二,也可用鼠标直接点击工具条的刺激器图标,将刺激器面板调出。控制刺激输出的开始和停止时,可在刺激器面板上操作,也可用顶行菜单中的“刺激控制图标”进行。

四、主要菜单和图标的使用

1. 示波和记录

点击工具条“示波”图标,屏幕上显示出扫描线。如需要记录信号,还应点击“记录”图标,这样系统可将采集到的信号临时记录到硬盘上。若需将记录的信号永久保存到硬盘上,则在停止记录时用文件保存方法,才可使其成为正式文件。

2. “工具”菜单的使用

点击顶行菜单的“工具”,在跳出的窗口中出现以下内容:

(1) 坐标滚动: 点击它,在屏幕左侧监视参数区出滚动条,控制滚动条可使扫描基线快速上下移动。

(2) 零点漂移: 点击它,在屏幕左侧监视参数区右上角出现▲、▼标志,点击标志,可使扫描基线上下微微移动。

(3) 扩大与缩小: 先点击“纵向缩放”,在图形上点击左键,则使图形纵向扩大,点击右键图形纵向缩小。同法点击“横向缩放”,可使图形横向扩宽或缩窄。

(4) 显示记录时间: 在记录状态下点击它,将在记录图形下方出现届时的时间。

(5) 示波方式: 点击它,可在跳出的窗口内选择所需示波方式。

3. “分析”菜单的使用

点击“分析”菜单,跳出的窗口中将出现多个条目,主要有:

(1) 上一实验: 点击后,显示本次记录前面的内容。

(2) 下一实验: 点击后,显示本次记录后面的内容。

(3) 传导速度测量: 点击该项可开启神经传导速度测量的步骤。

(4) 区域测量: 用于测量一定范围内波形的幅度、时间,也可用它计算频率。测量时先在所测的图形上,用左键规定出测量的左边界线,再点击左键规定出测量的右边界线,在屏幕底将显示出测量的结果。

(5) 周期测量: 用于测量波形的周期、频率和波动率。测量时在所测的图形上先用左键规定出测量的左边界线,再次点击左键和右键各一次,规定出测量的右边界线,在屏幕底将显示测量结果。

4. “实验”菜单的使用方法

点击该项可调出仪器软件提供的几个固定的实验内容及所使用的参数。

5. “打标记”图标的使用方法

(1) 在记录状态下点击“打标记”的图标后,再点鼠标右键,可在任意点打标记记号。

(2) 在原标记位置上,点击右键,在跳出的窗口可以对原标记进行修改和删除及增加标记内容。

(3) 使用左键还可将标记记号拖动到适当的位置上。

6. 增加或删除标记

在主页第二行右侧窗口指导下进行。

7. “视图浏览”图标的使用方法

点击视图浏览的图标,一屏可展示 16 幅记录波形,使用“Page up”或“Page down”浏览上一屏或下一屏,双击某一幅图可进入该图的界面。

五、参数监视区主要项目的使用

在参数监视区点击“选择”，在跳出的窗口出现以下内容：

- 显示刺激标注：点击它会在记录图形的同时显示所有参数值。
- 添加内标尺：点击它可在记录图形上添加横、纵坐标的标尺。
- 专用静态测量：点击它在跳出的窗口中选择所需项目，然后在软件指导下可完成测量

内容。

- 专用静态统计：点击后，在跳出的窗口中选择所需项目。
- 波动率/间期：点击后，在跳出的窗口中选择所需项目。

六、图形编辑和图形打印

使用顶行编辑菜单，可对记录的图形进行编辑。图形编辑好后，点击鼠标“捕捉”图标，用鼠标规定出索取范围，再将图形转移到 Word 界面，可进行打印。

七、创建新量纲

当实验需要创建新的记录模式时，可点击“工具”菜单的“创建新量纲”，按软件指导路径，可创建新的记录和测量单位。

(黄玉芝)

4. 常用换能器(传感器)

一、张力换能器

张力换能器又叫机械-电换能器,其外形如图 2A 所示。其中悬梁臂由弹性较好的合金制成。在悬梁臂两侧贴有应变片,与来自换能器引线的电源构成惠斯登桥路。因此,当换能器悬梁臂被牵拉时,其两侧的应变片受牵拉一侧的挤压,从而一个阻值变小,一个阻值变大,改变了电桥的平衡状态,就会输出相应的电压,经其他仪器放大并记录出来。张力换能器分为不同的量程,其量程与悬梁臂的厚度有关。实验时应根据所测力的大小,选用适当量程的换能器。使用换能器时,将所需记录的机械运动通过细线等的传动连于悬梁臂上,并注意松紧适度,细线与悬梁臂平面垂直。

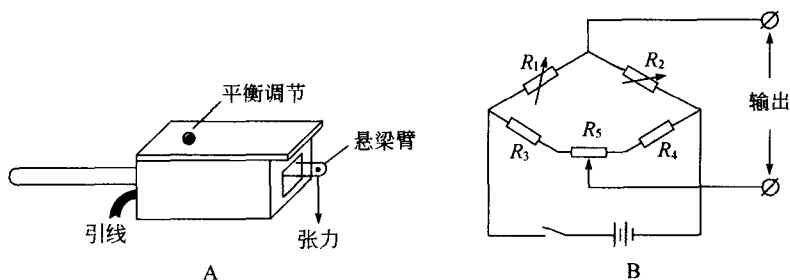


图 2 张力换能器及线路原理

(A: 张力换能器, B: 线路原理)

二、压力换能器

压力换能器用于将血压等液体压力信号转换为电信号,其外形如图 3 所示。压力换能器的原理也是惠斯登电桥,只是两组应变片贴于换能器内弹性扁管的两侧,如图 3。压力换能器在使用时应向其压力腔内充灌液体传动。具体使用方法:

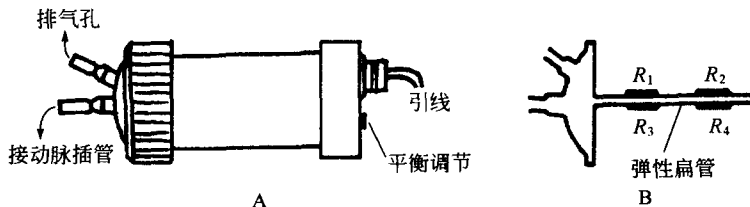


图 3 血压换能器及内部构造

(A: 血压换能器, B: 内部构造)

(1) 组装: 将压力换能器引线与生理信号采集处理系统的接口相连。压力腔的两个出口之一通过橡皮管和三通与动脉相连,另一出口接一短橡皮管,并用夹子夹住。

(2) 充灌: 将换能器竖起,使排气口朝上。用注射器通过三通向换能器压力腔和动脉插

管中充灌 7% 柠檬酸钠,排净系统中的所有气泡。然后用夹子夹住所有液体进出口,将换能器水平固定在与待测动物心脏同一水平面上。

(3) 调零:对压力换能器调零时,要接通生理信号采集系统和计算机的电源,将三通管上的夹子打开,使液体传动系统与大气相通,调完后再接上。

三、呼吸流量换能器

呼吸流量换能器由压差阀、压差换能器、放大器组成,可用来测量动物和人的呼吸波和呼吸流量。使用时换能器可以直接与生理信号采集系统连接。

四、脉搏换能器

脉搏换能器是一种小型、带脉压的压电式脉搏换能器。它能记录外周脉搏压力的变化,如测量脉搏率。这种换能器是无电源换能器,使用时将换能器绕在手指上即可测量。

(曾月英)