

21世纪课程教材配套教材

全国高等中医药院校教材配套教材 ● 供中医类专业用

生理学实验教程

主 编 李国彰

 人民卫生出版社

21 世纪课程教材配套教材

全国高等中医药院校教材配套教材·供中医类专业用

生理学实验教程

主 编 李国彰

副主编 张志雄 罗荣敬

编 委 (以姓氏笔画为序)

方志斌 (安徽中医学院)

杨午鸣 (浙江中医学院)

邓冰湘 (湖南中医学院)

罗荣敬 (广州中医药大学)

刘志敏 (北京中医药大学)

苗 戎 (天津中医学院)

何承敏 (湖北中医学院)

苗维纳 (成都中医药大学)

张志雄 (上海中医药大学)

钱佳利 (长春中医学院)

李国彰 (北京中医药大学)

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

生理学实验教程/李国彰主编. —北京:人民卫生出版社, 2005. 10

ISBN 7-117-07069-2

I. 生… II. 李… III. 人体生理学-实验-医学院-教学参考资料 IV. R33-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 108099 号

生理学实验教程

主 编: 李国彰

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078)北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

邮购电话: 010-67605754

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 8.5

字 数: 202 千字

版 次: 2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-07069-2/R·7070

定 价: 13.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

前 言

2003 年末,由北京中医药大学牵头并组织全国 13 所中医药院校共同编写的全国高等医药教材建设研究会规划教材《生理学》,作为“北京市普通高等学校教育教学改革试点项目”《医学生理学课程的改革与实践》的具体成果,基本体现了该研究项目的设计思路,取得了较好的效果。

为了进一步适应当前深化教育改革和发展高等中医药教育的实际需求,在卫生部教材办公室的领导下,北京中医药大学牵头并组织全国 10 所中医药院校共同编写了这本《生理学实验教程》,作为《生理学》教材的配套教材。供中医院校五年制、七年制生理学实验教学使用。

近年来,生理学在教学改革方面取得令人瞩目的成果。理论教学广泛运用了电化教学手段,与此同时,生理科学的实验教学也取得了长足进步。首先,随着实验仪器的研究和生物信号检测技术的不断发展,生理学实验的检测方法和记录手段取得了划时代的进步,古老的记纹鼓已经退出历史舞台,生物信号采集处理系统,成为一机多能多用、同步监视信号、快速统计处理等诸多优点融为一体的优化统合系统。因此,本教材各系统功能实验的检测记录手段全部更新采用了生物信号采集处理系统。

教学理念、宗旨的更新也是生理学实验教学发展的显著标志。生理学实验教学不再是单纯的理论的验证,更重要的是着眼于提高学生理论联系实际的能力,加强科学素质和科学研究能力的培养。鉴此,本教材针对五、七年制培养目标,以提高学生分析问题、解决问题和实际动手操作的能力为宗旨。在第一章“生理学实验基础”部分增设了“实验设计”和“实验资料的处理分析”等内容。在第二章“实验项目”部分全面介绍了机体各功能系统的基本实验项目,而且设置了综合性、设计性实验和科研技能实验,以供学生选做。

由于水平和时间所限,不足之处在所难免,恳请读者在使用过程中提出宝贵意见,以便再版时修正。

生理学实验教程编委会

2005 年 6 月

目 录

第一章 生理学实验基础	1
第一节 生理学实验的目的和要求	1
一、生理学实验目的	1
二、生理学实验课要求	2
第二节 常用实验仪器和实验器械	3
一、刺激系统	3
二、信号探测转换系统	5
三、信号调节系统	7
四、显示、记录系统	7
五、MedLab 生物信号采集处理系统	8
六、常用手术器械、配件与设备	11
第三节 常用实验动物	14
一、常用实验动物的选择	14
二、常用实验动物的种类及特点	15
三、常用实验动物的主要生理参数	16
第四节 常用生理溶液以及实验药品剂量的确定	18
一、生理溶液	18
二、实验药品剂量的确定	19
第五节 生理学实验基本操作技术	20
一、常用动物的捉拿方法	20
二、实验动物的麻醉和给药方法	22
三、常用动物的固定方法	27
四、急性动物实验常用手术的基本操作	28
第六节 实验设计	33
一、实验设计的基本原则	33
二、实验设计的实施	34
第七节 实验资料的处理分析	35
一、实验资料的收集和整理	35

二、实验资料的统计分析	36
三、实验报告的书写	39
第二章 生理学实验项目	40
第一节 神经肌肉功能实验	40
实验 1 神经干动作电位及传导速度的测定	40
实验 2 神经干不应期的测定	42
实验 3 骨骼肌纤维的膜电位测定	45
实验 4 神经-骨骼肌接头兴奋的传递与阻滞	47
实验 5 骨骼肌兴奋时的电活动与收缩的关系	48
实验 6 不同刺激强度和频率对骨骼肌收缩的影响	49
实验 7 前负荷和后负荷对肌肉收缩的影响	52
第二节 血液系统实验	53
实验 8 红细胞沉降率的测定	53
实验 9 红细胞渗透脆性试验	54
实验 10 出血时间和凝血时间的测定	56
实验 11 血液凝固及其影响因素	57
实验 12 ABO 血型的测定	59
第三节 循环系统实验	60
实验 13 蟾蜍心脏起搏点分析	60
实验 14 离子和药物对离体蛙心节律活动的影响	62
实验 15 蟾蜍心室期前收缩与代偿间歇	64
实验 16 蟾蜍心室肌细胞动作电位和心电图同步记录	66
实验 17 容积导体实验	68
实验 18 人体体表心电图记录	70
实验 19 人体动脉脉搏图和体表心电图同步记录	73
实验 20 人体心脏听诊	74
实验 21 人体动脉血压测定	77
实验 22 希氏束电图的记录	79
实验 23 人体左心室功能的无创性测定	81
实验 24 家兔左室内压的测定	83
实验 25 家兔动脉血压的神经、体液调节	85
实验 26 家兔降压神经放电	87
实验 27 蟾蜍舌与肠系膜的微循环的观察	89
第四节 呼吸系统实验	90
实验 28 家兔胸膜腔内压的测定	90
实验 29 家兔呼吸运动的调节	91
实验 30 家兔膈神经放电	92
实验 31 膈肌肌电图描记	94

第五节 消化系统实验	96
实验 32 家兔胃运动的观察	96
实验 33 离体小肠平滑肌运动的观察	98
第六节 能量代谢与体温实验	101
实验 34 小白鼠能量代谢的测定	101
第七节 肾脏的排泄功能实验	102
实验 35 影响尿生成的因素	102
第八节 中枢神经系统实验	105
实验 36 反射弧的分析	105
实验 37 脊髓反射	106
实验 38 小白鼠小脑损伤的实验观察	108
实验 39 去大脑僵直	109
实验 40 家兔大脑皮质运动区的功能定位	110
实验 41 家兔诱发电位的测定	112
实验 42 人体脑电图描记	114
第九节 感觉器官功能实验	116
实验 43 人体视野的测定	116
实验 44 声音的传导途径	117
实验 45 豚鼠耳蜗微音器电位和听神经动作电位的观察	119
实验 46 动物一侧迷路破坏后效应的观察	120
第十节 内分泌系统实验	121
实验 47 甲状腺激素对动物代谢的影响	121
实验 48 动物肾上腺摘除后效应的观察	122
参考文献	125

第一章

生理学实验基础

生理学是生物学的一个分支,是一门实验科学。纵观生理学发展史,众多生理学家对生理学理论的发展所作出的里程碑式的贡献,均无一例外地是科学实验研究的成果。可见,科学实验是生理学的精髓和发展的源泉。因而,在生理学教学活动中,除生理学理论课教学外,生理学实验课是必不可少的一个重要组成部分。

第一节 生理学实验的目的和要求

一、生理学实验目的

生理学是一门重要的医学基础课,生理学实验(physiological experiments)是医学生最早系统接受科学实验的课程之一。因此通过生理学实验课的教学,可使学生得到多方面的训练和培养。

(一) 提高理论联系实际的能力

依据生理学的基本理论,设置了生理学实验项目,学生通过生理学实验的具体实践,可对一些基本的生理学理论作简单的验证,借此提高理论联系实际的能力。

(二) 科学素质的培养

通过对学生严格的要求和引导,启迪学生独立思考、敢于创新,有助于提高学生分析问题和解决问题的能力,有助于培养学生科学的思维方法和严谨求实的科学工作态度。

(三) 科学研究能力的初步培养

生理学实验课将对学生进行一系列科学研究的初步训练和培养,其中包括实验仪器设备和手术器械的使用,动物实验的具体操作和观察,实验结果的总结(整理、归纳和统计)和分析,实验报告和实验论文的撰写等,可提高学生有关生理实验基本技能和动手操作的能力。

此外,学生通过生理学实验课的学习,初步掌握和熟悉了常用实验仪器的使用方法、基本的实验技能,为后继学科和课程(如药理学、病理生理学)的学习,乃至未来的临床和科学研究工作奠定良好的基础。

二、生理学实验课要求

为达到生理学实验课的目的,切实取得生理学实验的预期效果,对学生提出如下具体要求。

(一) 实验前

首先要系统复习本次实验项目的相关理论,认真阅读生理学实验指导,熟悉实验目的和原理、实验用品与器材、实验方法与实验过程。特别要记取实验指导中的注意事项,注意事项中列举的关系到实验成败的关键条件及影响因素。

(二) 实验中

1. 自觉遵守实验室各项规章制度 如保持实验室的整洁、安静,态度严肃认真,不要大声喧哗和嬉笑。听从实验教师的指导,不得进行与实验无关的活动,未经教师允许不得随意触摸实验室内的仪器设备,特别是电器设备、玻璃器皿和手术器械等,以确保安全。

2. 认真听取实验指导教师的讲解和示范操作 以实验预习为基础,带着问题听取实验指导教师的介绍,仔细观察示教操作的演示,取得感性认识。

3. 严格按照实验指导中的实验程序和具体要求进行实验 实验指导中规定的实验步骤和每一项操作的具体要求是既往工作的结晶,应严格执行。这样既可保证实验顺利进行,也有利于学习规范的操作技术和实验方法。

(1)及时记录实验结果:实验过程中的每一实验现象、变化和结果,都具有时效性,因此必须随时记录实验结果的同时要做好时间标记,避免实验后追忆和追记,养成及时记录实验结果的良好习惯,这也是实事求是科学作风的一种基础训练。

(2)积极参与实验、发扬团结协作精神:要珍惜实验动手操作的机会,不作旁观者。大型实验时,要发扬团队精神,既有明确分工、各尽其责,又要互相帮助,使实验紧张而有秩序地进行。

(3)爱护实验动物和实验用品:动物实验过程中切忌手术动作粗暴,否则容易损伤血管和重要组织,导致实验失败。实验仪器设备要按操作规程进行,正确使用手术器械,养成动作规范、手法轻巧的良好习惯。

(三) 实验后

1. 整理与清洁工作

(1)实验结束后,要进行实验仪器设备检查和基础状态还原过程(包括记录系统恢复基线、记录标准电压、示波器静态扫描、回零等)。

(2)手术器械和玻璃器皿的清洗与擦拭。

(3)对实验台、周围环境进行擦拭与清扫。

2. 动物处置 急性实验后,动物要处死,并严格按照有关规定送到指定地点,集中消毒焚烧。

3. 整理数据和资料 对实验中的数据资料进行归纳和初步分析,对难以解释的“非预期结果”可进行小组讨论,找出可能的原因。

4. 撰写实验报告或实验论文,按时呈交指导教师评阅。

(李国彰)

第二节 常用实验仪器和实验器械

随着科学实验仪器的研发和生物信号检测技术的不断进展,生理学实验的记录手段得到了迅速的发展,古老的记纹鼓已经退出历史舞台,代之以生理记录仪。近年来随着计算机在医学实验中的应用,MedLab 生物信号采集处理系统,成为一机多能多用、同步监视信号、快速统计处理、实时记录输出、存储、随时调用等诸多优点融为一体的优化统合系统。生理学实验的完成有赖于健康的受试者(动物或人)和完备的实验仪器设备系统(图 1-1),后者主要由 4 个部分构成,即刺激系统、信号探测转换系统、信号调节系统和显示、记录系统。

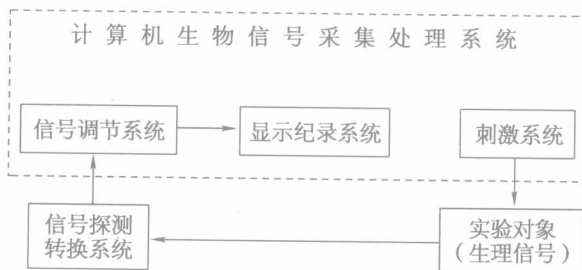


图 1-1 生理实验仪器设备系统示意图

一、刺激系统

刺激系统是生理学实验中必备的实验装置之一,它由电子刺激器、刺激隔离器和刺激电极等 3 个部分组成。

(一) 电子刺激器

刺激与反应是机体组织兴奋性观察的两个重要的指标。刺激的种类很多,包括物理刺激(如电刺激、机械刺激、声音刺激、光线刺激、温度刺激等)、化学刺激和生物刺激等。在电生理学实验中,电刺激是一个常用的实验技术,特别是神经、肌肉的实验尤为重要。通过电刺激组织,观察机体组织的生物电和功能活动的改变。采用电子刺激器进行电刺激,可根据需要随意选定刺激方式(方波或双向尖波)、刺激频率和刺激强度。

电子刺激器(electron stimulator)是为机体和组织提供电刺激的仪器装置,有恒压输出和恒流输出两种。在生理学实验中,一般采用恒压刺激器。电子刺激器的刺激波形可大致分为方波(矩形波)、三角波、锯齿波、正弦波等多种(图 1-2),其中以方波应用最广。随着计算机应用技术的发展,可由计算机控制程控刺激器,采用鼠标点击简捷方便,刺激方式和参数任意可调。

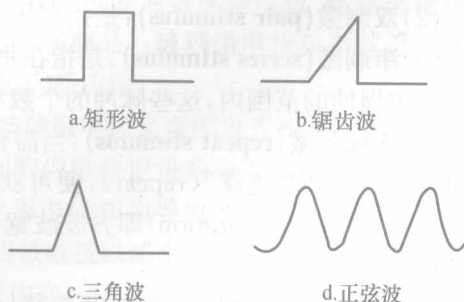


图 1-2 刺激波形示意图

(引自王佩等译. 生理学实习. 北京:人民卫生出版社,1980)

1. 刺激器的使用方法

(1) 连接刺激系统: 按电源线-电子刺激器-刺激隔离器-刺激电极-实验动物的顺序连接好刺激系统。若不用刺激隔离器, 则将刺激器的输出端作为输出。

(2) 选取刺激形式: 如“单个”(single)或“连续”(repeat)。

(3) 设定刺激参数: 目前刺激参数的调节旋钮均为连续可调形式, 因此开始时应注意使调节旋钮回零, 刺激强度和刺激频率的选择应由小到大, 增加速度适当, 不可过快。否则将会影响阈刺激的捕捉, 甚至会导致过强的刺激输出损伤组织。

1) 刺激强度: 通常以刺激脉冲的电压幅度表示, 并有粗调和细调两档。

2) 刺激波宽(stimulus waveduration): 选定一个脉冲的时程。

3) 刺激频率(stimulus frequency): 为连续刺激参数, 单位为 Hz。其数字表示为单位时间内所含主周期的个数。

4) 脉冲延迟(pulse delay)(图 1-3)。

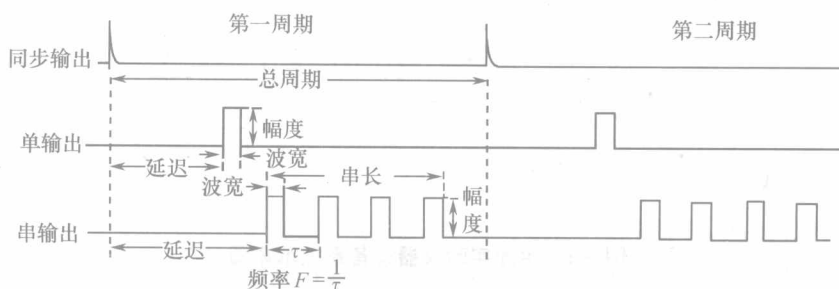


图 1-3 电子刺激器方波刺激及参数设计示意图

(引自陈克敏主编, 实验生理学教程, 北京: 科学出版社, 2001)

2. 刺激方式 电子刺激器的方波输出刺激有单个刺激、连续刺激、串刺激和双刺激等多种形式。

(1) 单个刺激(single stimulus): 用单个脉冲进行刺激时, 必须考虑刺激强度(方波高度)、刺激的持续时间(方波宽度)和刺激波形的上升速度(方波的上升时间)等刺激的三大要素。由于方波的上升时间在理论上为无限大, 因此, 通常只考虑刺激强度和刺激的持续时间。

(2) 双刺激(pair stimulus): 是指在每个刺激周期(主周期)中包含 2 个刺激脉冲。

(3) 串刺激(series stimulus): 是指在每个刺激周期(主周期)中包含 2 个以上的刺激脉冲。在主周期的范围内, 这些脉冲的个数和间隔是随意设定和可调的, 脉冲的振幅相等。

(4) 连续刺激(repeat stimulus): 当需要向组织输出一定强度、一定持续时间的连续脉冲时, 将旋钮指向“连续”(repeat), 便可获得所要求的刺激频率。给定刺激时, 需注意刺激脉冲的持续时间(duration)即方波波宽与刺激频率的关系。

(二) 刺激隔离器

隔离电刺激的仪器称为刺激隔离器(stimulus isolator), 其用途是消除地环干扰, 避免伪迹和误差。由于刺激器输出的一端为地, 因此在记录生物电时接通到组织去的电刺激必须和地面进行隔离。若不进行隔离, 将使交流电波或刺激伪迹带入记录系统, 导致示波器荧光屏上的生物电波形完全被掩盖。可见, 刺激隔离器是电生理学实验研究必不可少

的仪器之一。

(三) 刺激电极

刺激电极(stimulus electrode)是刺激系统不可缺少的重要组成部分,选取适当的质量可靠的刺激电极和准确地放置刺激电极,对于提高实验的精度来说是必须的条件。刺激电极的种类很多,较为常用的有普通电极、保护电极和乏极化电极等。

1. **普通刺激电极(common stimulus electrode)** 是指采用普通金属(如不锈钢)制备的电极。普通金属宏电极具有制作容易、使用方便等特点,但是使用时需注意:①通常将电极的金属丝装嵌在有机玻璃套内,前端裸露少许金属丝。②普通金属宏电极常用于刺激离体组织时,不适于刺激时间很长的慢性实验中。因为,在电流作用下,离子进入组织,可产生毒性作用。

2. **保护电极(protected electrode)** 是指将电极的金属丝包埋在绝缘套内,电极前端仅在一侧槽露出金属丝可作用于组织。当实验需刺激深部组织时,采用保护电极,可避免刺激周围组织,以保证刺激的准确性。

3. **乏极化电极(non-polarization electrode)** 当采用直流电刺激组织时,需采用乏极化电极。因为当直流电通过组织时,金属电极与组织之间发生电解过程,产生与刺激电流相反的电动势,这种反电动势即形成了**极化电流(polarization current)**,对抗了原来的刺激电流,使刺激电流的强度衰减(失真)。刺激的时间越长,极化现象越显著,失真现象越严重。

采用乏极化电极,则可避免极化现象,常用的乏极化电极有银-氯化银(Ag-AgCl)电极、甘汞电极(汞-氯化汞电极)、锌-硫酸锌(Zn-ZnSO₄)电极。

二、信号探测转换系统

信号探测转换系统由信号引导电极和传感器(换能器)组成,其功能是拾取生物信号,并进而把非电生物信号转换为生物电信号。

(一) 测量和信号引导电极

1. **普通电极(common electrode)** 其电极尖端一般是毫米级的,而“微电极”尖端是微米级的,因此普通电极又称为“宏电极”。作为记录用的宏电极,又称为“记录电极”或“引导电极”。

2. **微电极(microelectrode)** 根据制作材料不同,可分为金属微电极、碳丝微电极和玻璃微电极。由于取材方便(有市售各种规格的毛坯商品),玻璃微电极拉制仪进一步得到改进,并能自动充灌等特点,因而玻璃微电极被广泛应用。

玻璃微电极可分为单管和多管两种。单管玻璃微电极又有固定式和浮置式两种。单管玻璃微电极尖端外径一般小于4μm,而用于细胞内电位记录的玻璃微电极尖端外径一般小于1μm。单管玻璃微电极粗端插入银-氯化银电极作为导电连接。由于电极内径极小,电极阻抗高,选用3mol/L KCl溶液充灌玻璃微电极以减小电极阻抗。

多管玻璃微电极由记录管、药物管和对照管构成。记录管用以观察细胞生物电活动,其作用与单管玻璃微电极相同;药物管作用是通过微电泳法向被观察的细胞邻近极小范围内导入离子化药物;对照管的作用是与微电泳药物的效应相对照。

(二) 传感器(换能器)

传感器(也称**换能器, transducer**)由敏感元件和转换元件组成,是一种能把机体生理活动的非电信号(如压力、张力、温度、振动、流量、声、光等物理信号,以及化学和生物信号等)转换成与之有特殊函数关系的电信号的转换装置。由于生物信号复杂,因而对传感器有特殊的要求,如灵敏度高,重现性好,反应迅速,转换效率高,有适当的带宽、频响和动态范围、稳定可靠等。

1. 传感器的分类 根据感传信息工作原理的不同,可将传感器分为物理型、化学型和生物型等三类。

(1)**物理型传感器(physical transducer)**:是指利用物理性质制成的传感器,例如电阻式、电感式、压电式、光电式以及磁敏式传感器。

(2)**化学型传感器(chemical transducer)**:是指能把机体内某些化学成分、浓度等转换与之有确定关系的电信号的传感器,例如离子感受器。

(3)**生物型传感器(biological transducer)**:是指利用生物活性物质选择性识别和测定各种生物化学物质的传感器,例如酶传感器。

2. 生理学实验常用的传感器 有阻抗变换式、压电变换式、机械变换式、容积变换式、电磁变换式、热能变换式等。采用这些传感器,可用于生物体内血压、心音、脉搏、呼吸、血流和体温等指标的测定。

(1)**压力传感器(pressure transducer)**:机体内各器官系统很多腔隙和管道,存在着大小不等的压力信号,如血压、心腔内压、胸膜腔内压、胃肠内压、颅内压、膀胱内压等,通过压力传感器可把这些压力信号转换成电信号并进一步放大,最后记录出来。可准确检测并了解机体内各器官和管道在不同条件下的动态变化过程,有助于研究体内各器官的顺应性、阻力以及各种体液的流速和流量。

压力传感器使用简便,反应灵敏,需严格遵守操作规程和注意事项:①预热与调零。首先将传感器接至主机,启动并预热 15~20min 后,将系统调到零位。②充液、排气、定位与定距。检查测压导管是否通畅,明确通畅后即可将传感器透明球盖内充满含有抗凝剂的生理盐水,排净传感器透明球盖内和测压导管内的气泡;固定传感器于某一固定位置,注意务必使液压导管的开口处与传感器的感压面在同一水平面上。③压力传感器有一定的测压范围,对超过测压范围者不得强行测压,否则将损害传感器。④严禁用注射器从侧管向闭合测压管内用力推注,以免管内压骤升,损害传感器。

(2)**张力传感器(tension transducer)**:其作用是将张力信号转换成电信号。无论是整体条件下的肌肉收缩(如心肌、胃肠肌),还是离体条件下的肌肉收缩(如坐骨神经-腓肠肌标本,以及各种肌条),肌肉收缩张力的信号都可被张力传感器拾取并转换成电信号。随后经信号的放大、处理,最后由记录系统记录出肌肉收缩的振幅。因此张力传感器广泛用于肌肉收缩形式、影响肌肉收缩因素的研究,主要适用于肌肉收缩曲线的记录。

张力传感器使用程序包括:①安装固定传感器。根据测量方向,将传感器的固定杆固定在合适的支架上,将固定杆的固定平面向下并使弹簧片保持水平。务使传感器的受拉方向正确,测力方向指向弹簧片引出口间隙较大的一方。②传感器预热。首先将传感器接至主机,启动并预热 10min。③传感器的标定。按等重量(满量程的 1/5)地加砝码到满量程,此时在显示记录系统获得相应的等距离标定线。④测力。应保证测力的方向正确,负荷量不得超过满量程的 20%。

三、信号调节系统

信号调节系统的作用是放大生物电信号,以便观察和记录。因为生物电信号的电压振幅很小,通常只为毫伏或微伏级,而且自机体不同器官、组织和细胞所引导出的生物电信号的差异很大,故需将生物电信号选择性放大。

(一) 前置放大器

前置放大器(**preamplifier**)简称前放,其功能是放大生物电信号。常用的生物电放大器,必须具备下列要求:①有较高的抗电干扰的能力,从而能提高信号/噪声比值,有利于弱信号的放大。②最大的放大倍数不小于 1000 倍。③频率响应:范围为 0~100kHz。④噪声(**noise**)低,整机噪声在 $15\mu\text{V}$ 以下。通常,根据不同的需求,选择不同的放大器,例如普通生物电放大器、直流放大器、差分放大器、载波放大器等。

(二) 微电极放大器

微电极放大器(**microelectrode amplifier**)是指配合微电极使用的生物电放大器。由于微电极的阻抗很高,而且细胞内电位的记录要高保真地记录电位变化的波形,因此对微电极放大器的要求很高。除需符合一般生物电放大器的要求外,还需有更高的输入阻抗、更小的输入电容(**capacitance**)和阻抗(**resistance**)。

安装微电极放大器需注意:①接地良好。②接通与要求电压相符的电源。③在输入为短路时调零,调节调零电位器时,输出指示应出现正或负方向的连续变化,并能调到零点,否则该微电极放大器不能使用。④高频补偿和微电极电阻测试。将微电极放大器输入端与微电极放大器连通,微电极的尖端浸入接地的电解质溶液中,加入校正信号,调节电容补偿,尽量使输入信号达到方波。

四、显示、记录系统

生物信号经信号放大后输出,将进入实验仪器的最后一个系统,即显示、记录系统,完成对实验对象功能指标的显示、采集和记录,生理学实验的过程和结果可完全通过显示、记录系统表达出来。

(一) 示波器

示波器(**oscilloscope**)的荧光扫描系统能够连续地将不断变化的信号(示波器显示的电信号既有原始生物电信号,也有其他非电生物信号通过换能器转换的电信号显示出来),因而非常适宜作生物信号的连续监视和检测。由于近年来生物信号采集处理系统的开发利用,示波器往往作为远距实验的监视器来使用。

根据示波器的工作原理,示波器主要由示波管、垂直和水平放大器校正信号发生器等部分组成。其面板结构一般包括示波管显示控制、时基控制、X 轴控制、Y 轴控制等 4 个主要单元。

1. 示波管显示控制单元 由荧光屏和扫描控制构成,根据需要可通过调节“聚焦”、“辉度”、“标尺亮度”等旋钮,达到满意的扫描效果。

2. 时基控制单元 控制水平扫描的“速度”、“扫描方式”各项参数。

(1)触发电平:触发电平选择旋钮调至“自动”档,则示波器可在无触发信号输入时自动连续扫描,当有触发信号输入时可自动跟随触发信号的频率作同步扫描;旋钮调至“连

续”档,则示波器将按选定的扫描速度连续扫描,不受输入信号的影响;在“自动”和“连续”之间为“触发”扫描档。

(2) 触发源选择:可选的触发源有外触发、内触发和电源触发等三种,外触发和内触发均有 AC 和 DC 两种输入耦合形式。

3. X 轴控制单元 可调节 X 轴扫描状态扫描线的起点位置和扫描的时间宽度。

4. Y 轴控制单元 通过“移位”调节扫描线基线的上下位置。输入选择为“单端输入”或“差分输入”(即输入信号从 A、B 两端输入)。

(二) 生理记录仪

生理记录仪(physiological grapher)能客观地记录和显示生理学实验结果,并可作为永久的资料保存下来。

1. 二导生理记录仪 是二导程的生物信号采集记录系统,由换能放大系统和驱动走纸记录系统所组成。

二导生理记录仪的基本工作路线是生物信号→传感器→放大器→驱动走纸(由直流伺服电机、电子调速器、齿轮变速器、记录纸传速压轮等组成)→记录笔。

生理记录仪既可记录心脏、骨骼肌、胃肠平滑肌和脑的生物电信号,也可记录脉搏、动脉血压、呼吸,以及骨骼肌和心肌收缩等非电生物信号。因此,二导生理记录仪可基本满足生理学实验教学的需要。

2. 多导生理记录仪 多导生理记录仪是一种可同步记录生物体多种生理指标(如心率、心电、脉搏、动脉血压、心尖搏动、颈动脉搏动、呼吸,以及体温等)的生物电子仪器。多导生理记录仪主要由传感器、放大器、记录器和示波器组成。

多导生理记录仪的优点是:①实验者可根据实验设计和目的要求,选用不同的传感器和放大器插件,成龙配套。②生物体的各种生物信号可同步检测和记录。多导生理记录仪开发出 4 导、6 导、8 导、16 导等多种形式。

五、MedLab 生物信号采集处理系统

20 世纪后叶,医用电子技术和计算机技术得到了飞速发展,生理学实验采用多导生理记录仪对生物信号的检测和记录后,及时将计算机技术引入医用电子技术中,实现了实验仪器的智能化、数字化,开发出计算机实时记录分析系统。从而使生理学实验在整体上扩大了实验项目范围的同时,促进了实验由单纯的定性实验向定量方向发展,提高了实验的精度和数据的准确性。

MedLab 生物信号采集处理系统就是集生物信号的放大、处理、分析、储存、显示和记录于一体的高精度的生物信号计算机实时记录分析系统,它可全面取代生物医学实验中的刺激器、放大器、示波器等传统仪器。

(一) MedLab 生物信号采集处理系统的组成和基本工作原理

MedLab 生物信号采集处理系统是多 CPU 并行工作的生物信号采集处理系统,由硬件和软件两大部分组成。硬件的工作是对各种生物电信号和非电信号进行调理和放大,进而对信号进行 A/D 转换后输入计算机。软件的工作是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处理、分析、储存、显示及打印输出(图 1-4)。

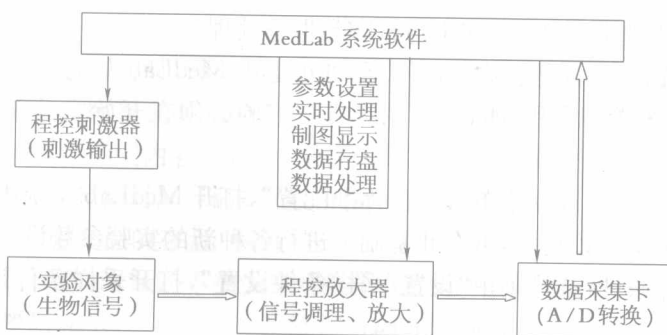


图 1-4 MedLab 生物信号采集处理系统的基本工作原理示意图

(引自朱建平主编. 生理科学实验教程. 北京: 科学出版社, 2003)

(二) MedLab 生物信号采集处理系统的基本操作

1. 实验的一般操作流程 操作流程如图 1-5 所示。

(1) 启动系统: 以鼠标左键双击视窗桌面上的 MedLab 系统的图标, 进入 MedLab 生物信号采集处理系统软件的主控界面。

(2) 选择通道: 根据生物信号的快慢和通道选择的原则选择合适的通道, 生物电信号(快信号)采用专用电缆接入相应的通道端口; 非生物电信号(慢信号)通过相应的传感器接入相应的通道端口。

(3) 确定交直流输入: 通过交直流输入切换开关选择交直流输入方式。一般情况下, 生物电信号输入选择交流输入形式。当输入张力、压力等非电生物信号时, 转换为直流输入形式。实验者自加前置放大器的输出信号(如经微电极放大器输入的细胞动作电位信号)采用直流输入形式。

(4) 定制实验、设置实验参数: 对于新开的实验, 要根据实验的要求进行实验参数的设置(包括显示方式、采样间隔、通道数目、放大倍数、采样内容、滤波方式和参数、刺激方式和参数等)。实验参数设置完毕, 即可作为配置文件保存, 以便以后随时调用。

(5) 调用配置文件: 对于以前做过的实验并保存了相应配置的文件, 可直接调用配置文件, 直接进入采样过程。

(6) 启动采样: 点击采样“开始”按钮, 系统开始采样, 并自动将采样数据全部保存于当前目录下的 Tempfile. ADD 文件中; 采样过程中, 可根据记录到的信号波形、大小, 调整某些设置参数; 点击采样“停止”按钮, 停止采样。

(7) 数据存盘: 采样结束, 应立即将采样数据或选取的数据自定义文件名另存。

(8) 数据处理: 打开已经存盘的原始数据文件, 可进行查找与定位数据、调整图形大

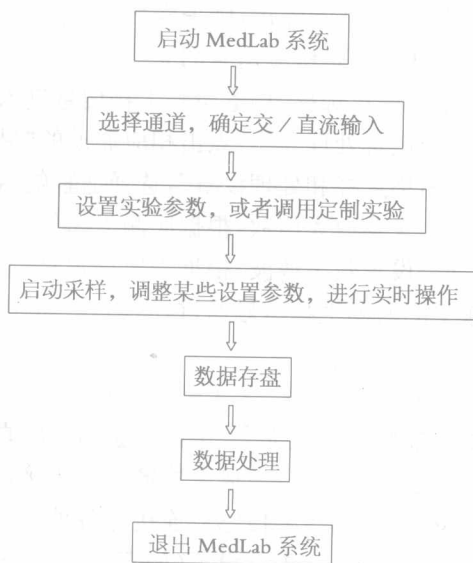


图 1-5 MedLab 系统的一般操作流程

(引自朱建平主编. 生理科学实验教程. 北京: 科学出版社, 2003)

小、测量图形数据、选择数据段、编辑与打印数据等处理。

(9)退出系统:点击标题栏的关闭图标,即可退出 MedLab 系统。

2. 实验参数配置 采用 MedLab 系统进行实验必须在开始实验前做好信号采样的软件设置工作。

(1)选择标准配置:选择菜单“设置/标准配置”,打开 MedLab 系统内置的标准四通道配置,此时所有实验参数复位,可在此基础上进行各种新的实验参数设置。

(2)设置采样条件:选择菜单“设置/采样条件设置”,打开采样条件设置窗,进行以下设置:

1)显示方式:①连续记录:通常用来记录频率较低、变化较慢的生物信号(如张力、血压、呼吸等);②记忆示波:通常用来记录频率较高、变化较快的生物信号(如神经干动作电位、心室肌动作电位等);③慢波扫描:用来记录采样频率为 100~200Hz 的生物信号,当某种实验无法确定用何种显示方式时,可选用这种显示方式。

2)采样间隔:用来选择前后采样点的间隔时间。若采样间隔长,则采样慢,快信号不能重现;而采样间隔短,则采样数据量过大,占用硬盘空间大,不容易进行后处理。因此,建议采样频率是所测信号的 5~10 倍。

采样通道选择:预置所测生物信号进入的通道。

(3)设置处理名称:点击相应通道的“显示控制区”中的“处理名称”,在弹出的菜单中打开“名称选择和处理设置”,选择适宜的名称、观察项目。

(4)设置放大倍数:根据所测生物信号的强弱选择合适的放大倍数。

(5)设置数字滤波:根据需要决定是否选择滤波,若选高频滤波,则测试系统允许大于该频率的所测生物信号通过;而选低频滤波,则测试系统允许小于该频率的所测生物信号通过。

(6)传感器定标:为了准确反映实验结果,需在实验前对传感器进行定标(校验标准),以尽可能减少测量误差,保证实验结果的真实性和准确性。传感器定标方法如下:

1)连接传感器:在放大器输入通道接口上连接传感器。需注意张力传感器应固定在一个支架上;而压力传感器连接好各种管道后,应将其中充满生理盐水。

2)采样加压:先行设置(如直流输入、采样条件、处理名称)并调零(使记录曲线与零线重合)后,开始采样。在传感器上施加一固定量值(如压力 15kPa、或张力 5g),保持一段采样,取得一个平稳的定标值后,停止采样。

3)单位修正-定标:在波形曲线上升后的平稳处产生一条与曲线相交的蓝线(定标线)。选中“显示控制区”-处理名称-“单位修正窗”。“单位修正窗”窗口的“原值项”已经有了数值,只需在“新值项”下手工输入在传感器上施加的固定量值数(如前述的 15kPa 或 5g)即可。此时 Y 轴上显示的刻度即自动调整至定标刻度。

定标完成后,定标值将跟随该通道的“处理名称”一起调用,因此定标后的传感器、放大器和通道应固定使用。实验结果存盘或将该定标作为配置文件、定制实验保存起来,MedLab 系统便记忆下该定标值,此后可随时调用。

(7)设置刺激器参数:单击“刺激器控制区”,在弹出的列表中选择需要的刺激模式(单刺激、串刺激、主周期刺激)。

3. 添加实验标记 该功能对采样结束后进一步分析数据、处理实验结果和实验报告