

新世纪高等中医药院校系列教材
XINSHIJIGAO DENGZHONGYIYAOYUANXIAO
XILIEJIAOCAI

主编◎许 红

功能实验指导

GONGNENGSHIYANZHIDAO

■供MS2000及MS4000U多媒体生物信号定量记录分析处理系统使用



中医古籍出版社

新世纪高等中医药院校系列教材

功能实验指导

(供 MS2000 及 MS4000U 多媒体生物信号定量记录分析处理系统使用)

主 编 许 红

副主编 周 慧 彭 芳 陈代勇 曾万玲 陈永祥

编 委 (按姓氏笔画为序)

王 慧 史 琴 许 红 陈代勇 陈永祥

沈国胜 李 娟 周 慧 罗 坤 赵云华

黄勇其 彭 芳 曾万玲

主 审 殷松生

中医古籍出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

功能实验指导/许红主编. - 北京: 中医古籍出版社, 2006. 8

(新世纪中西医结合系列教材)

ISBN 7-80174-441-1

I. 功... II 许... III. 生理学-实验-医学院校-教材 IV. Q4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 092149 号

功能实验指导

主 编 许 红

责任编辑: 杜杰慧

封面设计: 于天水

出版发行: 中医古籍出版社

社 址: 北京东直门内南小街 16 号 (100700)

印 刷: 三河市三佳印刷装订有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 12.5

字 数: 290 千字

版 次: 2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月第一次印刷

印 数: 0001 ~ 5000 册

书 号: ISBN 7-80174-441-1/R · 437

定 价: 18.00 元

前言

生理学、病理生理学和药理学都是在严格的受控生物学实验的基础上建立起来的基础医学学科,功能实验教学是教学的重要内容和主要手段。近年来,由于计算机和信息技术的引入,使功能实验的手段发生了很大的变化,推动了相关课程的教学和科研迅速发展,理论知识也得到了更新和深化。当前,多数高校功能实验室都配备了多媒体生物信号记录分析系统,大大提高了记录分析生物学观察指标的先进性,提高了功能实验的成功率,但同时也使以往的相关课程的实验教材落后于实验教学改革的实际需要。为此,生理学教研室根据中医院校规划教材生理学教学大纲的要求,以及生理学实验教学改革实际需要,自编了专供 MS302 多媒体生物信号记录分析系统和 MS2000 多媒体生物信号记录分析系统使用的两种《生理学实验指导》,经过 5 年的教学实践,使用效果良好,积累了一定的经验。

2002 年,我们在上述工作的基础上,根据生理学实验教学改革的实践经验总结,增添了较多的内容,编写了新的专供 MS2000 多媒体生物信号记录分析系统使用的《生理学实验指导》教材,由出版社正式出版发行,使生理学实验教学得到进一步规范。随着相关课程理论教学和实验教学改革的进一步深化,我院增添了在 Windows 平台上设计的 MS4000U 多媒体生物信号定量记录分析系统,改革了基础医学实验室管理体制,设立了面向多门现代医学基础课实验教学服务的功能实验室,开设的实验不少已超出了传统课程的范围,涉及到生理学、病理生理学及药理学等课程的实验内容,在学院领导和教务处的支持下,将功能实验教学改革列入学院教学改革研究项目重点支持,由生理学教研室主要承担。经过 3 年多的努力,我们学习借鉴了兄弟院校的先进经验,在本科、研究生、职教成教(大专)不同层次和类型的功能实验教学中进行了多项改革探索,取得了一定的实际经验和具体的教改成果,增开了一些涉及多门课程的综合实验,课题组成员密切合作,形成了《功能实验指导》这本现代医学基础课实验教材。希望其适应面更广,以符合建立功能实验室拓宽服务面的初衷,进一步推动实验教学的规范化和实验教学改革的不断深化。

本教材分五章。第一章主要介绍开设功能实验的目的、要求、常用器械的使用、生理溶液的配制、常用动物麻醉方法和操作技术等。第二章主要介绍 MS2000 多媒体生物信号记录分析系统的使用。第三章在第二章的基础上介绍 MS4000U 多媒体生物信号定量记录分析系统的更新部分。第四章是本教材

的主体部分，我们根据高等中医药院校教学大纲的要求，保留了传统经典实验要求的多数实验观察项目，以保持学科发展的连续和稳定；我们还根据近年来实验教学改革的实践经验，增加了一些突破传统的学科分科实验范围的功能实验项目，以及中药药理方面的实验项目，这些实验项目可以供相关课程实验借鉴应用，可以在一个动物身上连续进行多项实验，观察多个生理学指标在不同时间、施加不同条件（因素）情况下的变化；在同一动物活体或组织器官上观察生理现象、病理改变及药物效应，这是带有综合性的跨学科的实验，正是功能实验教学改革探索的一项成果。我们试图通过这些具体的实验训练，培养学生严肃的科学态度、严谨的工作作风，对事物变化进行客观观察、分析，应用科学的思维方法独立地解决实际问题的能力；此外，还简要介绍了急、慢性病理动物模型的制作方法。鉴于本教材使用对象主要为本科学生，故未涉及临床中医病证模型的制作方法，但学生只要掌握了造模的基本原理，在今后开展与临床课题相关的科研时，可以根据实际情况，寻找具体的观察指标和造模方法。第五章简单介绍了功能实验设计的基本知识，意在启发部分学有余力、有浓厚兴趣的学生（学有余力的本科生和研究生）独立设计创新性的实验，培养他们的创新精神和实践能力。

由于我们知识水平不高，在功能实验教学改革方面的探索还是初步的，本教材的编写时间也较为仓促，疏漏、缺点乃至错误之处均在所难免，恳请同道和广大师生批评指正。

编者

2006年6月

目 录

第一章 总论	(1)
一、绪言	(1)
二、功能实验常用器械的使用方法	(3)
三、功能实验常用溶液及其配制方法	(9)
四、功能实验常用气体及其制取	(13)
五、功能实验的基本操作技术	(13)
六、常用实验动物生理指标常数	(24)
第二章 MS2000 多媒体生物信号记录分析系统使用说明	(25)
一、系统组成	(25)
二、系统的启动与退出	(26)
三、图形界面与系统状态	(26)
四、操作键的意义和使用	(27)
五、功能键的意义	(28)
六、程序结构与功能	(29)
第三章 MS4000U 生物信号定量记录分析系统的使用介绍	(38)
一、硬件系统	(38)
二、软件系统	(40)
第四章 各论	(58)
一、神经和肌肉	(58)
实验 1 坐骨神经腓肠肌标本的制备	(58)
坐骨神经干标本的制备	(58)
实验 2 阈刺激、阈上刺激和最大刺激	(60)
实验 3 神经干动作电位观察	(62)
实验 4 神经干兴奋性不应期的测定	(64)
实验 5 神经干兴奋传导速度的测定	(66)
实验 6 刺激频率与骨骼肌收缩形式的关系	(68)
实验 7 肌电图描记	(69)
实验 8 烟碱的毒性实验	(71)
二、血液	(71)
实验 9 血细胞比容的测定	(71)
实验 10 红细胞渗透脆性试验	(72)
实验 11 红细胞沉降率试验	(73)
实验 12 血液凝固	(74)
实验 13 出血时间测定	(76)

实验 14	凝血时测定	(76)
实验 15	ABO 血型鉴定与交叉配血	(77)
三、循环		(79)
实验 16	蛙心起搏点分析	(79)
实验 17	期前收缩和代偿间歇	(81)
实验 18	蛙心电图记录	(82)
实验 19	蛙心容积导体实验	(83)
实验 20	蛙肠系膜微循环观察	(84)
实验 21	蛙心室肌细胞动作电位	(85)
实验 22	蛙心灌流	(87)
实验 23	心音听诊	(88)
实验 24	人体动脉血压的测定	(89)
实验 25	人体心电图描记	(91)
实验 26	心血管活动的神经体液调节	(93)
实验 27	左心功能的测定	(96)
实验 28	降压神经放电	(98)
实验 29	传出神经系统药物对心血管活动的影响	(99)
实验 30	强心苷对心衰的作用	(101)
实验 31	洋地黄中毒时的心电图变化	(102)
实验 32	普萘洛尔对抗氯仿所致大白鼠心律失常的作用	(103)
实验 33	钙拮抗药对抗心肌缺血 - 再灌注所致大白鼠心律失常的作用	(104)
实验 34	利多卡因对抗强心苷引起的兔心律失常作用	(105)
四、呼吸		(105)
实验 35	呼吸运动的调节和胸内负压的测定	(105)
实验 36	膈神经放电(膈肌放电)	(107)
实验 37	中枢神经系统兴奋性对缺氧耐受性的影响	(109)
实验 38	外周环境温度对缺氧耐受性的影响	(109)
五、消化		(110)
实验 39	消化道平滑肌的生理特性	(110)
实验 40	胃肠运动的观察	(111)
实验 41	胆汁分泌的调节	(113)
实验 42	传出神经系统药物对家兔肠平滑肌的作用	(114)
六、体温		(115)
实验 43	氯丙嗪的降温作用	(115)
实验 44	阿司匹林的解热作用	(116)
七、泌尿		(117)
实验 45	尿生成的影响因素	(117)
八、内分泌		(119)
实验 46	肾上腺摘除动物的观察	(119)

实验 47 糖皮质激素的抗炎作用	(120)
实验 48 胰岛素的降血糖作用	(121)
实验 49 胰岛素引起的低血糖现象观察	(122)
九、神经	(123)
实验 50 反射弧的分析	(123)
实验 51 脊髓反射	(124)
实验 52 巴比妥类药物的抗惊厥作用	(125)
实验 53 镇痛药物实验	(125)
实验 54 大脑皮层运动区功能定位	(127)
实验 55 去大脑僵直	(128)
实验 56 大脑皮层诱发电位	(129)
实验 57 破坏小脑动物的观察	(130)
十、感觉器官	(131)
实验 58 视敏度测定	(131)
实验 59 色盲检查	(132)
实验 60 视野测定	(133)
实验 61 盲点测定	(134)
实验 62 视网膜电图的描记	(134)
实验 63 瞳孔调节反射和瞳孔对光反射	(135)
实验 64 拟胆碱药和抗胆碱药对家兔瞳孔的作用	(135)
实验 65 声音的传导途径	(136)
实验 66 耳蜗微音器电位	(137)
实验 67 破坏动物一侧迷路的效应	(138)
十一、药物作用的规律	(139)
实验 68 不同剂型对药物作用的影响	(139)
实验 69 不同给药途径对药物作用的影响	(140)
实验 70 不同剂量对药物作用的影响	(141)
十二、中药药理实验	(142)
实验 71 生附子、制附子、四逆汤对离体蛙心的影响(八木氏法)	(142)
实验 72 四逆汤对大鼠低血压状态的升压作用	(143)
实验 73 秦艽对二甲苯致小鼠耳廓肿胀的影响	(144)
实验 74 大蓟对小白鼠凝血时间的影响(玻片法)	(145)
实验 75 三七对家兔凝血时间的影响(试管法)	(145)
实验 76 人参对缺氧耐受性的影响	(146)
实验 77 枳壳、四逆散对家兔离体肠平滑肌的影响	(147)
实验 78 青皮、茵陈蒿汤对大鼠胆汁分泌的影响	(148)
实验 79 银翘散的解热作用	(149)
实验 80 五苓散对家兔尿量的影响(导尿管法)	(150)
实验 81 延胡索及金铃子散对小白鼠的镇痛作用(热板法)	(151)

4 · 功能实验指导 ·

实验 82 金铃子散对小白鼠的镇痛作用(扭体法)	(152)
十三、疾病模型的制作	(153)
实验 83 兔高钾血症	(153)
实验 84 急性右心衰竭	(154)
实验 85 水肿	(156)
实验 86 兔失血性休克	(157)
实验 87 缺氧	(159)
实验 88 呼吸功能不全	(160)
实验 89 急性肝功能不全	(162)
实验 90 急性肾功能不全	(163)
实验 91 慢性肾功能衰竭动物模型制作	(166)
实验 92 高血压动物模型制作	(168)
实验 93 动脉粥样硬化动物模型制作	(170)
实验 94 糖尿病动物模型制作	(171)
十四、综合性实验	(174)
实验 95 失血性休克的抢救	(174)
实验 96 有机磷农药中毒及解救	(175)
实验 97 预处理对大鼠心肌缺血 - 再灌注损伤的影响	(176)
第五章 功能实验设计	(178)
一、选题	(178)
二、功能实验设计的主要内容	(179)
三、功能实验设计的注意事项	(180)
四、实验中应注意的问题	(180)
五、撰写实验报告应注意的问题	(181)
六、学生功能实验设计举例	(181)
参考文献	(185)

第一章 总 论

一、绪言

(一) 开设功能实验课的目的和要求

生理学、病理生理学和药理学都是研究正常人体生命活动规律、疾病发生机制以及药物作用规律的基础医学学科。功能实验将生理学、病理生理学和药理学的实验内容有机地进行了结合,由于引进了动物实验研究方法,生理学、病理生理学和药理学才成为现代意义上的科学。因此,在一定意义上,它们既是理论性的学科,也是实验性的学科。我们在学习这些医学基础理论时,都必然会关心它的实验依据、实验方法以及结果的可靠程度。

开设功能实验课的目的,不仅在于通过它加深学生对医学基础理论知识的理解和掌握,初步掌握基础医学实验的基本操作技术,增强动手实践的能力,更重要的还在于培养学生的创新意识、科学的思维方法,独立思考、不唯书、只唯实的科学精神,以及团结协作、共同完成工作任务的团队精神。

为了达到以上目的,要求学生在功能实验课的学习中,注意做到以下几点:

(1) 实验前认真阅读实验指导,做到对本次实验的目的、要求、实验步骤和操作方法心中有数。

(2) 认真听取指导教师的讲解和示范操作。特别注意教师强调的关键步骤和注意事项。实验操作中应做到一丝不苟,因为任何疏忽都可能导致实验失败。

(3) 仔细、耐心地观察实验结果,如实进行记录。

(4) 爱护实验动物和器材。对贵重仪器,一定要熟悉仪器性能和操作方法后才使用。不要在动物身上任意切割。注意节约实验药品和材料。

(5) 实验组成员应进行合理而明确的分工,轮流承担手术操作和仪器调试工作,以保证按时圆满地完成实验课的学习任务。

(6) 实验结束后应清理、洗净、擦干所用手术器械。如有损坏或丢失,应立即报告指导教师。妥善处理动物和标本。

(7) 整理实验记录,认真撰写实验报告。

(二) 实验结果的记录和处理

1. 实验结果的记录 实验时要仔细观察,并及时地记录有关实验数据。如实验时间、刺激的种类、强度、药品名称、剂量、给药方法,动物(或标本)对刺激发生反应时的表现、特征、强度及持续时间等。实验记录应是实验结果的客观反映,记录时应做到具体、清楚、客观、完整。能在生物信号记录分析系统所示曲线中加上标记的,应尽量加上标记。与标记有关的其他参数,则须另行记录。

记录实验结果一定要有对照。前后对照时不要改变扫描速度和增益。要等前一项实验基本恢复正常后才可进行下一项实验。实验结果应是实验过程中的真实记录,不能按主观想象进行描述,或在实验后再根据回忆追记。

2. 实验结果的处理 从实验中得到的有关数据等,属于原始资料。为研究生命机能现象变化的规律,需对大量的实验原始资料进行整理和分析。凡属能定量的观察指标,如电压高低、张力大小、血压水平、尿量,应标出具体数值。有曲线记录的实验,应在曲线上标明单位、刺激信号、强度和扫描速度等。需附结果图时,应使用原始记录。为了便于比较、分析,实验结果还常用表格来表示。一般将观察的项目列在表格的左侧,右侧表示实验结果,由上至下逐项填入,从而能对整个实验结果有一个完整的了解。有些结果还要进行统计学处理,绘制成统计表或图形来进行表达。

(三) 实验报告的撰写要求

作为学术论文之一种,实验报告的结构应包括文题、署名、摘要、关键词、引言、材料、方法、结果、结论、讨论、参考文献、致谢等部分,但对于学生功能实验报告,并不要求完整地具有上述部分,一般只要具有以下部分:

- (1) 【实验题目】
- (2) 【实验日期及当日室温】
- (3) 【实验者姓名、所在班级及学号】
- (4) 【实验目的】
- (5) 【实验原理】
- (6) 【实验对象(动物)】
- (7) 【器材和药品】
- (8) 【操作步骤】
- (9) 【观察项目和实验结果】一般可列表登记,以使结果更加直观、醒目,格式如下:

实验观察项目	实验观察结果	备注
1.		
2.		
3.		
.....		

(10) 【讨论】学生实验报告中的讨论应是重点内容。虽然我们目前开设的功能实验项目大都是一些经典性的验证性实验,我们仍必须利用已知的理论知识对结果进行针对性的分析和讨论。由于实验中环境条件、动物个体、药物剂量等等的差异,经常可能出现各种误差及非预期性的结果,这时就应客观地分析其产生的原因,尽可能提出个人有价值的见解,也许这其中就会出现一些有价值的新发现和新见解。

(11) 【结论】是对实验结果进行符合逻辑的理论分析,从而推导得出的一般性规律的推断,不要再具体罗列结果,而应是一种概括性、原则性、理论性的简明总结,应当准确、完整而有条理。但有的实验结果不能明确地推导出某种理论性的结论,也可以不写结

论。

学生撰写实验报告,是通过实验资料的整理、分析、讨论,对实验结果进行正确的分析和解释,从而有利于联系实际巩固理论知识,并增强应用理论知识解决实际问题的能力。学生通过撰写实验报告,初步了解学术论文的基本结构和绘图、制表的方法,为以后撰写学术论文打下一定的基础。撰写实验报告时要强调学生独立思考和进行创造性的理论思维训练,切忌互相抄袭和盲目引用书本既定结论。

(四) 实验室守则

除了认真执行全校性的《学生实验室工作守则》之外,功能实验课尤其强调以下5条:

- (1) 遵守学习纪律,不迟到早退,不无故缺席。有事需向教师请假。
- (2) 保持实验室安静。不得进行与实验无关的活动。
- (3) 实验前须认真预习实验指导和相关理论知识。
- (4) 各组仪器、器材不得擅自调换。仪器出现故障,应立即报告,不得自行拆修。注意节约各种实验器材和药品。
- (5) 实验完毕,应将实验器材、用品、手术器械清理、洗净、擦干。动物尸体和废弃物放到指定地点。做好实验室清洁卫生,门窗、水电安全检查。

二、功能实验常用器械的使用方法

(一) 手术器械

常用手术器械:见图1-1。

1. 手术刀 用于切开皮肤或脏器。常用的持刀方法有4种:指压式、执弓式、执笔式和上挑式(图1-2)。前两种用于切开较长或需用力较大的切口;后者用于较小切口,如切开血管、神经等组织。

2. 剪刀 包括粗剪和手术剪。手术剪包括线剪、组织剪、眼科剪。剪毛和动物皮肤使用粗剪刀;剪皮下组织、肌肉用组织剪;剪线用直剪;剪深部组织用弯剪;剪小血管和神经用眼科剪(图1-3)。

3. 镊子 手术镊分有齿和无齿两种。有齿镊用于较坚韧的组织,如皮肤和肌腱,无齿镊用于较脆弱的组织,如血管、神经、脏器;小血管和神经用眼科镊(图1-4)。

4. 止血钳 用于钳夹出血点以止血,或用于分离组织。止血钳有各种大小,直、弯型号,蚊式止血钳适于分离小血管及小神经周围组织。

5. 皮肤钳 其尖端较宽,有齿,可用于牵拉皮肤、骨骼等组织。

6. 咬骨钳 在打开颅腔、骨髓腔时咬切骨质。可根据动物大小选用相应型号。使用时,使钳头稍仰起,以保护骨下组织。切勿撕拉、拧扭,以防撕裂骨膜、损伤骨内组织。

7. 颅骨钻 用于开颅打孔。使用时应右手握钻,左手固定头骨,钻头应与骨面垂直,顺时针方向旋转,到内骨板时要小心慢转,防止穿透骨板而损伤脑组织。

8. 动脉夹 用于暂时阻断动脉血流。用时须检查其弹性是否良好,并先用生理盐水湿润。

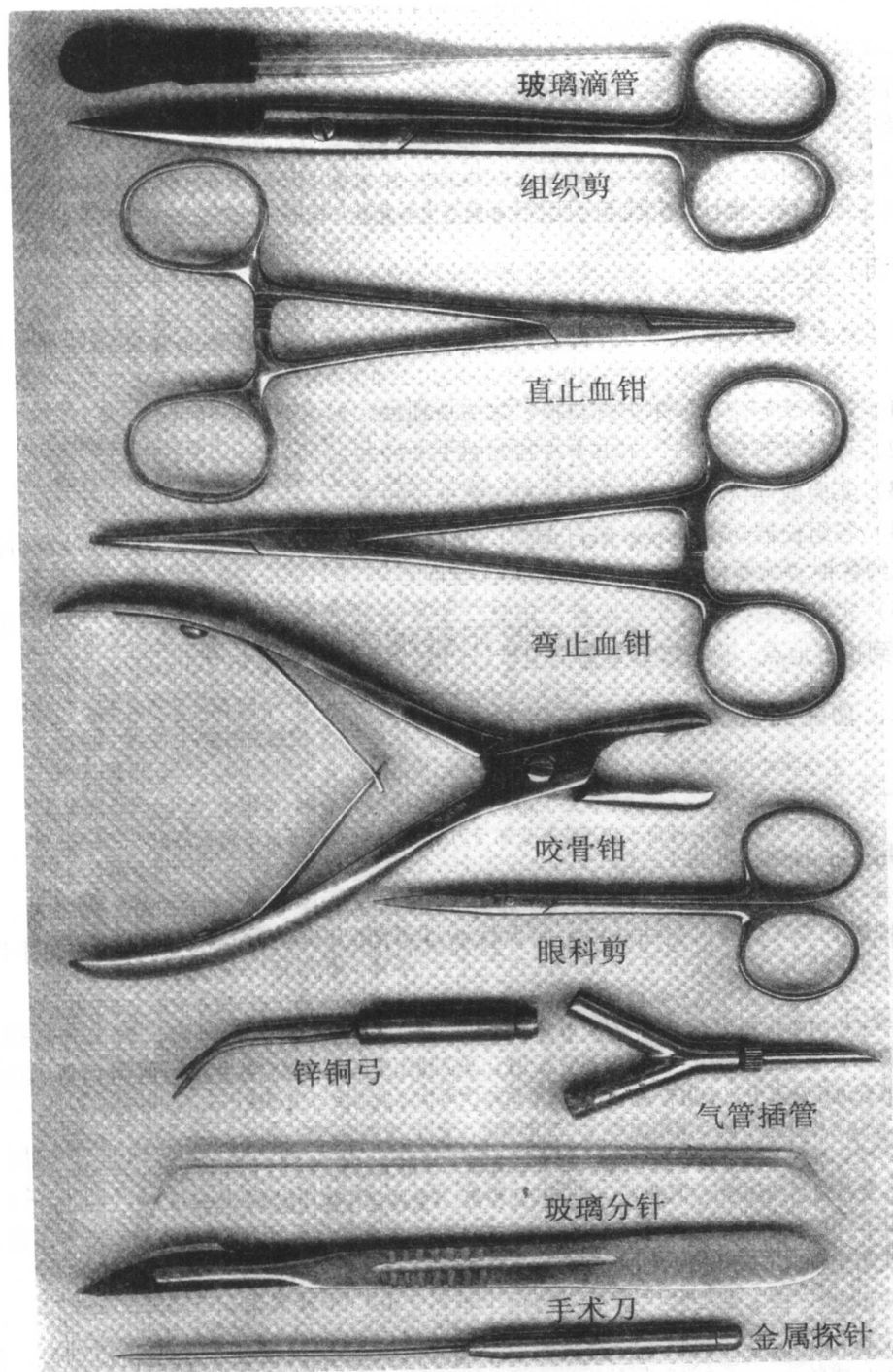


图 1-1 功能实验常用手术器械

9. 气管插管 急性动物实验时插入气管，以保证呼吸道通畅。连接压力换能器可记录气道内压力。

10. 血管插管 把细硅胶管的一端剪成斜面可作血管插管用。动脉插管一般用以连接

压力换能器以记录血压信号；静脉插管便于实验中静脉注射各种药物。通过动、静脉插管，也可进行器官灌流实验。

11. 金属探针 用于破坏蛙脑和脊髓。

12. 玻璃分针 用于分离神经和血管等组织。

13. 锌铜弓 用于刺激神经肌肉标本，检查其兴奋性。其原理为锌、铜的活泼性不一样，当它们同时与湿润组织接触时，锌失去电子成为正极，铜获得电子成为负极，电流从锌→活体组织→铜的方向流动。这是一种简便的刺激器具。

14. 蛙板 15cm × 20cm 的软质木板，板中央放置一玻璃片。制备蛙类标本时应在清洁的玻璃板上操作。木板用于蛙的固定，可用图钉或大头针将蛙腿钉在木板上。

15. 蛙心插管 用于蛙心灌流。

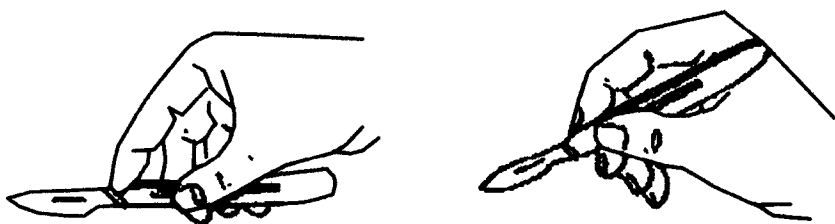


图 1-2 手术刀执刀手法

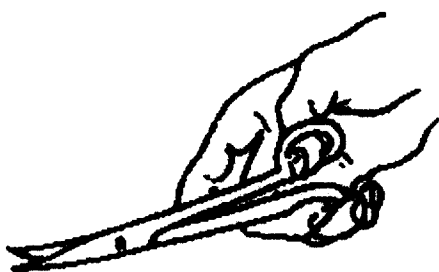


图 1-3 手术剪执剪姿势

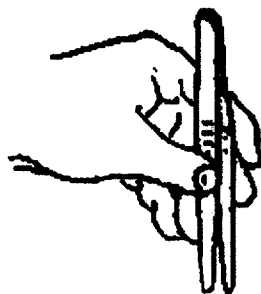


图 1-4 执镊姿势

(二) 电极

在功能实验中，用电脉冲刺激组织或从组织中引导生物电活动均离不开电极。

1. 刺激电极

(1) 普通电极：将两条银丝装嵌在有机玻璃或电木的框套内，银丝上端与引线连结，再进入生物信号记录系统。

(2) 保护电极：将银丝包埋在绝缘框套中，下端挖一空槽，使银丝裸露少许。其他构造与普通电极相同。这种电极用于刺激在体神经干，以保护周围组织免受刺激（图 1-5）。

(3) 乏极化电极：当用直流电刺激组织时，上述电极不宜使用。因组织内外存在电解质（主要是 NaCl）。当电流以恒定方向流过时，阳极将有 Cl^- 积聚，阴极将有 Na^+ 积聚。这种现象称为极化现象。通电时间越长，两极下积聚的离子越多。极化现象一方面使持续通电的作用逐渐减弱；另一方面当断电时又会出现一个反向的电流。离子的集聚，还

会影响组织的兴奋性。故用直流电刺激组织时,应用乏极化电极。常用的乏极化电极有 Ag - AgCl 电极, Zn - ZnSO₄ 电极和 Hg - HgCl 电极等。



图 1-5 保护电极

现以 Ag - AgCl 电极为例说明乏极化电极的制作方法。根据实验要求,选择一定大小、粗细和形状的银片或银丝,预先用细砂纸擦去表层,并以蒸馏水洗净。再浸入盛有 0.9% NaCl 溶液的烧杯中,接于 4 ~ 6V 的蓄电池的阳极上,阴极用石墨棒(可用于电池的碳棒或铅笔的石墨芯)。电路中应接有 1000V 可变电阻和 10 ~ 25mV 电流计。一般通电 0.5 ~ 1h,所用电流大小按电极面积每平方毫米 0.01mV 计算,这样可获得均匀而又牢固的 AgCl 涂层。电极制作好后,应尽可能暗处保存,以免 AgCl 分解。使用时外绕一层浸湿生理盐水的脱脂棉,通过棉花间接接触组织。不用时可浸在 0.9% NaCl 溶液中,并短路,以减少极间电位差。

使用刺激电极时,必须先检查电路是否接通。常用的方法是用刺激电极刺激一小块新鲜肌肉,观察有无收缩反应。刺激电极周围不应有很多的组织液或生理盐溶液,避免电极短路,或电流经电解质溶液传导而刺激其他组织。

2. 引导电极

(1) 普通电极:通常用银丝制作,常用以记录神经干动作电位、骨骼肌肌电等。

(2) 玻璃微电极:是用硬质玻璃管制成的尖端很细的引导电极。玻璃管充灌有 3mol 的 KCl 溶液,常用于记录心肌细胞内的生物电活动和记录神经系统核团放电等。

(3) 乏极化电极:乏极化电极的制作见前“刺激电极”部分,乏极化电极也用于记录皮肤电位。

(三) 换能器(传感器)

换能器是将非电变量的观察指标的变化转化成电变量的装置。功能学实验中,有很多生理指标是非电变量的,如肌肉收缩、血压的变化、心脏的搏动、尿量的多少、体温的高低等。为便于记录和分析以上各种参数,需要用换能器将它们转变成电变化。换能器种类很多,如压力换能器、张力换能器、心音换能器、脉搏换能器、呼吸换能器等。常用的是压力换能器和张力换能器。

1. 压力换能器 该类换能器主要用于测量血压、胃肠道内压、呼吸道内压等。压力换能器有一定的测量范围,应根据测量要求选择一定测压范围的换能器。

换能器的工作原理是内部有一套平衡电桥。该电桥的一部分由敏感元件(应变电阻元件)构成,它可将压力变化转变成电阻值的变化。当外界无压力时,电桥平衡,换能器输出为零。当外界压力作用于换能器时,敏感元件的电阻值发生改变,引起电桥失衡,即有电流输出。其电流的大小与外加压力的大小呈线性相关。

使用压力换能器记录血压时,要将换能器的两个侧管分别连结三通管和测压插管。从

三通管的一个侧管注入抗凝液体，排出换能器内的气泡。将换能器与大气相通以确定零压力基线。然后将换能器充满抗凝液体的测压插管（通常是塑料或硅胶管）插进血管，即可进行血压测量。

测量血压时，压力换能器应放置在与心脏水平的位置，根据测定的血压水平范围选用适合的压力换能器。使用过程中严禁在换能器管道处于闭合时，用注射器向换能器内加压，用完后应及时清除换能器内的液体或血液，并用蒸馏水洗净晾干。

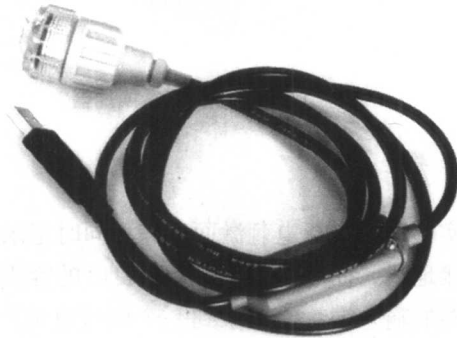


图 1-6 压力换能器

2. 张力换能器 张力换能器的工作原理和压力换能器类似，张力换能器的应变电阻元件是粘贴在应变梁上，当外力作用于应变梁时，应变梁变形，应变元件电阻值改变，电桥失衡，换能器可将张力信号转换成电信号。张力换能器主要用以记录骨骼肌的收缩、心肌的收缩、小肠平滑肌的收缩等。使用时肌肉的一端固定，另一端用丝线与换能器的受力片相连，尽量使受力方向与肌肉运动方向一致（即丝线与应变梁呈垂直方向），连接的松紧度以丝线拉直为宜。张力换能器也有一定的张力承受范围，根据所测张力的大小选择合适的张力换能器，以避免对换能器桥臂的过分牵拉损坏换能器。实验时勿使液体流入换能器内部，调整实验装置时防止碰撞换能器。

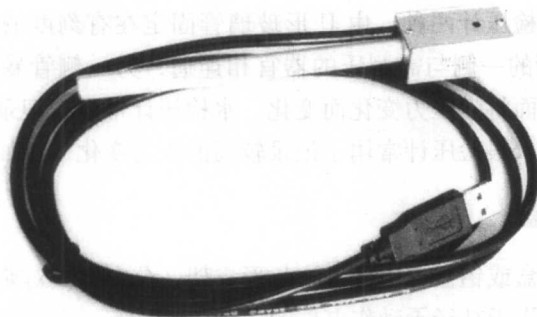


图 1-7 张力换能器

3. 呼吸流量换能器 呼吸流量换能器的工作原理和压力换能器类似。该类换能器主要用于测量呼吸气体流量等。

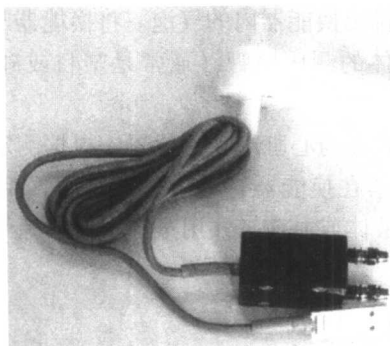


图 1-8 呼吸流量换能器

(四) 刺激隔离器

功能实验中, 当对实验动物进行电刺激而又需要同时记录生物电时, 由于刺激器输出和放大器输入具有公共接地线, 而生物体又是一个良好的容积导体, 于是一部分刺激电流容易经过机体流入放大器的输入端, 便记录到一个刺激电流产生的波形, 叫做刺激伪迹, 它严重地干扰了生物电的记录。刺激隔离器的作用就是使刺激电流两个输出端与地隔离, 切断了刺激电流从公共地线返回的可能, 使刺激电流更局限在刺激电极的周围, 伪迹即可减小。

(五) 记滴器

记滴器是记录液体流出滴数的装置。常用于记录腺体的分泌量和尿的生成量等。记滴器的原理是当液滴通过两个金属丝时使其短路, 电路连通, 此时在生物信号记录系统中就会出现一标记。

(六) 检压计

有水银检压计和水检压计两种。由 U 形玻璃管固定在有刻度的木板上构成。工作原理是相同的。将 U 型管的一侧与需测压的器官相连通, 另一侧管暴露在大气中, 当器官内压力发生变化时, 液面将随压力变化而变化。水检压计常用作记录较低的压力变化, 例如静脉压、胸内压等。水银检压计常用于记录较高的压力变化, 例如动脉血压的测定。

(七) 神经屏蔽盒

是一个有机玻璃小盒或铝盒。里面有一长形支架, 分布有一对刺激电极和几对引导电极以及接地电极。主要用于神经干动作电位的记录。盒外有一金属板或铜网罩, 防止外来电信号对生物电发生干扰。

(八) 肌动器

用于固定和刺激蛙类神经肌肉标本。常用的有槽式和平板式。有一固定标本的孔以便插入股骨, 有固定螺丝和刺激电极。