

邓世雄 主编

功能学实验



人民卫生出版社

556

R-33

D38

功 能 学 实 验

主 编 邓世雄

编 者 (以姓氏笔画为序)

王莎莉	重庆医科大学生理学教研室主任	副教授
方海立	重庆医科大学生理学教研室	副教授
邓世雄	重庆医科大学基础医学院副院长	副教授
邓华瑜	重庆医科大学病理生理学教研室	副教授
余华荣	重庆医科大学生理学教研室副主任	讲 师
向天雨	重庆医科大学机能学实验中心	实验师
沈 宜	重庆医科大学病理生理学教研室	副教授
官 涛	重庆医科大学生理学教研室	讲 师
陆 杰	重庆医科大学生理学教研室	副教授
段 红	重庆医科大学病理生理学教研室副主任	副教授
张渝娟	重庆医科大学药理学教研室副主任	副教授
谢正祥	重庆医科大学生物工程研究室主任	教 授

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

功能学实验/邓世雄主编. —北京:
人民卫生出版社, 2001
ISBN 7-117-04664-3

I. 功… II. 邓… III. 机能 (生物) —实验
IV. R33-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 090889 号

功能学实验

主 编: 邓世雄

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](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph @ pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 5

字 数: 123 千字

版 次: 2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-04664-3/R·4665

定 价: 9.50 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

前 言

实验教学是实现医学人才培养目标的重要教学环节，对于培养学生的动手能力，发现问题、分析问题、解决问题的能力，创新思维，学习和掌握新知识、新技术方面具有十分重要的意义。近年来，基础医学实验教学改革，在转变实验教育观念，创建实验课程体系，更新和优化教学内容，改革实验室建设模式和实验室管理体制等方面进行了积极的探索，并取得了可喜的成绩。我校基础课实验教学改革从 1997 年底开始实施，组建了独立的功能学实验室，并对生理学、病理生理学、药理学三门课程的实验教学内容进行了系统的优化组合，在保留一定数量的经典实验的基础上增加了综合性实验，并引入了生物信号提取与处理基础，介绍现代信息处理技术，培养学生提取、处理生物医学信号的整体技能。

本书汇聚了作者多年的改革成果，对功能学实验作了系统、规范的阐述，明确了实验教学的三个目的和三个实验层次；首次引入了现代信息处理技术；提供了设计性实验的整体思维和技术路线；是一部内容丰富、知识前沿、实用性强，供临床医学、检验医学、预防医学专业用的高等医药院校基础医学实验学教材。

由于我们的水平有限，难免有不当之处，诚请同仁和读者赐教，以便再版时加以修正。

邓世雄

2001 年 3 月

目 录

一、功能学实验概述·····	1
二、微机主要操作·····	7
三、常用动物的捉持法、给药法、取血法·····	21
四、常用实验动物的局部解剖·····	42
五、生物学信号的提取与处理基础·····	67
六、神经干动作电位引导·····	106
七、神经纤维兴奋后兴奋性变化的观察·····	108
八、神经冲动传导速度的测定·····	109
九、肌肉兴奋—收缩的时相关系和去极化现象的观察·····	110
十、兔减压神经放电·····	113
十一、离体小肠平滑肌的生理特性·····	117
十二、兔膈神经传出放电·····	121
十三、蛙心灌流·····	126
十四、心血管活动的调节·····	129
十五、鼠大脑皮层诱发电位的引导·····	133
十六、某些因素对循环、呼吸、泌尿功能影响的综合观察·····	136
十七、强心甙对在体蟾蜍心脏的作用·····	139
十八、传出神经系统药物对兔血压的影响·····	141
十九、传出神经药对蛙腹直肌的影响·····	144
二十、实验性酸中毒·····	146
二十一、出血性休克·····	149
二十二、急性实验性右心衰竭·····	152

一、功能学实验概述

【功能学实验的目的】

实验教学是实现医学人才培养目标的重要教学环节，在培养学生的科学态度、思维方法、动手能力及实用技术、理论联系实际、分析问题、解决问题等方面具有重要作用。

实验的目的就是进一步认识和了解事物的一般规律和特殊规律。功能学实验就是帮助同学们进一步认识和了解正常和患病机体的生命活动规律，阐明疾病的原因、发生发展的规律。医学生从事功能学实验具有以下几方面的意义。

1. 学习和掌握功能学实验的基本技能，加强对理论知识的理解与记忆，培养发现问题、分析问题、解决问题的能力 and 严谨的科学态度。

2. 培养综合把握和运用功能学科群知识的能力

3. 培养开展科学研究的基本素质和创新思维。

【功能学实验的分类】

根据实验教学的目的不同，功能学实验可分为三大类。即基础性实验、综合性实验、设计性实验。

1. 基础性实验 以基础性实验操作为主的实验，加深对理论知识的理解与记忆，熟悉和掌握仪器设备的使用。培养发现问题、分析问题、解决问题的能力 and 严谨的科学态度与操作技能。

2. 综合性实验 综合集成现代科技发展的新知识、新技术和新的实验方法开设的综合性、先进性的实验。通过实验激

发求知欲，培养综合把握和运用功能学科群知识的能力。

3. 设计性实验 在教师的指导下通过查阅文献、寻找科研课题、独立设计、自拟实验方案进行的探索性、创造性实验。培养基本的科研素质和创新思维。

【设计性实验的原理与方法】

1. 基本程序

设计性实验的目的是通过学生自己的设计，了解实验研究的基本过程，培养学生的实验研究和综合应用课堂讲授的知识、已知规律去探讨未知世界的能力。

设计性实验的基本程序包括选题、设计、预实验、正式实验，实验资料的收集、整理、分析、总结和撰写论文。

选题是设计性实验中要解决的首要问题。选题应明确、具体、应有依据和预见性。明确、具体指研究的目的要非常明确，所要解决的问题应十分清楚。选题依据，指通过复习文献资料了解该题目相关情况的国内外现状、进展和存在的问题，争论的焦点等，并结合主、客观条件，从而确定研究课题，提出新的构思和假说。有预见性，指对该题目可能获得的结果应有预期估计，选题的依据越充分预见性就越强。

设计是根据选题而确定采用的理论、方法及实验诸要素的框架，是科学实验的关键性步骤。科研设计也称为科研构思，其原则是构思严密，逻辑性强，论证充分。设计贵在新奇、巧妙、而不一定必须深奥复杂。科研设计没有固定的公式，也无现成路径可循，只能从不断的科研实践中，从文献资料中猎取。它包括实验对象的选择，实验例数和分组，拟采取的技术路线、观察指标，数据的收集和处理方法等。

2. 基本要素

设计性实验有三个基本要素，即实验对象、处理因素、观察指标。

(1) 实验对象 实验对象包括人和动物，为避免综合实验给人带来伤害，除一些简单的观察，如血压、脉搏、呼吸、尿量、血型的实验可以在人体进行外。功能学实验对象一般选择动物。选择动物的条件如下：

① 选择接近人类而又经济的动物：灵长类与人最接近，但价格昂贵，很少选用。需要选择大动物完成实验时，可选用犬、羊、猴。通常选择的动物为家兔、大鼠、小鼠、豚鼠，它们比较接近于人类而价格又相对较便宜。

② 选择动物的性状：选择健康和营养良好的动物，以便能承受实验。品系选择纯种动物为佳。

③ 动物的标准化：选择动物的年龄、体重、性别最好一致。一般选择发育成熟的年幼动物，对性别要求不严格时可雌雄混用，但分组时应雌雄搭配。

(2) 处理因素 是指给实验对象施加的外部干预。包括接种细菌、毒素等生物因素；创伤、高低温、激光、电流等物理因素；化学制剂或药物等化学因素；以及遗传因素、精神因素等。处理实验对象的目的一般有两个方面，即复制人类疾病动物模型和实验治疗。

根据因素的数目和水平分为单因素设计和多因素设计。每次实验只观察一个处理因素的效应称为单因素设计。其优点是目标明确，简单易行，条件好控制，结果清楚等，但不适合于多重处理因素的试验，也不适应因素虽然只有一个，但有几个“水平”（或等级）的试验。水平指同一处理因素在量上的不同程度。在一次实验中同时观察多种因素的效应，称多因素设计。每一种因素也可以有不同的水平，此时称为多因素、多水平设计。多因素设计具有多、快、省的优点，但也存在方法繁杂、条件不易控制等缺点。总的讲一次实验中观察的因素和水平不宜过多。

处理因素强度应适宜，过强可能伤害实验对象，过弱观察

不出应有的效应。

处理因素及施加方法应标准化，处理因素的性质、强度及施加方法等应通过查阅资料和预实验找出各自的“最佳条件”，然后订出有关标准，并应相对固定，在正式实验过程中不要轻易改变，这就称之为标准化。其目的在于保证研究过程中，处理因素的各种条件前后始终一致，保证科研结论可靠。

(3) 观察指标 选择观察指标是反映实验先进性、创新性的重要环节，是科研设计中至关重要的问题。观察指标是反映实验对象处理前后发生生理或病理变化的标志。包括计数指标（定性指标），计量指标（定量指标），主、客观指标等。指标选择应符合特异性、客观性、精确性、灵敏性的原则。

特异性：指所选指标能特异地反映客观现象的本质，如选血压（尤其是舒张压）作为高血压病的特异指标。

客观性：指所选指标是能通过仪器记录的客观指标，由仪器报告数据，不受主观影响。

重现性：在相同条件下，所测指标的结果可以重现。重现性高，精确性就高，误差就小，就能真实反映实际情况。重现性受仪器稳定性、操作误差、实验对象的条件、实验环境等影响。在上述条件均适宜的情况下，重现性仍差，说明所选指标不稳定，不宜采用。

灵敏性：指所选指标反映处理因素给实验对象带来变化的灵敏程度。它由实验方法和仪器的灵敏度共同决定。灵敏性差则对已经发生的变化不能及时检测出或得出假阴性结果，这种指标应放弃。

3. 设计性实验的三大原则

设计性实验的科学性，除前面讲的“三个基本要素”外，还应遵循设计的“三大原则”，即对照原则，随机原则，重复原则。

(1) 对照原则

对照的目的：通过对比取得指标的特异性变化；通过对比消除非处理因素对结果的影响，同时也具有验证实验方法的可靠性，寻找实验最适条件，修正实验数据，分析实验中的差错原因等作用。

对照的形式：对照有多种形式，可根据实验目的加以选择。

空白对照：亦称正常对照，即不加任何处理因素的实验对象（组）。

自身对照：对照与处理均在同一实验对象身上进行。即同一实验对象在处理因素施加前后的观察指标对比。

互相对照：亦称组间对照。即几个实验组之间相互对照，不设专门对照组。如观察多种药物治疗同一种疾病的疗效，几种药物的治疗效果互为对照。

标准对照：将实验结果与已经获取的正常值或标准值进行对比。本次实验不设对照组。如临床上常用的各种检查。

(2) 随机原则 随机是指使各个观察单位（实验对象、处理因素等）都有同等的机会被分配到各组中去，而不带任何主观因素。

随机化的目的是尽量使抽取的样本能够代表总体，减少抽样误差，尽量使各组样本条件一致，消除或减少组间人为的误差，使处理因素产生的效应更加客观，保证结果的科学性。

随机化的方法有抽签法、随机数字表法、随机分组表法等。

(3) 重复原则 重复是指样本重复检测结果的一致性。重复是保证研究结果可靠性的重要措施。由于实验对象个体差异等原因，一次实验结果往往不够确切、可靠，需要多次重复实验方能获取可靠的结果。

重复的目的：估计抽样误差的大小，抽样误差与重复次数成反比；保证实验的可重复性。

重复的实验次数：对于动物实验而言（指实验动物的数量）取决于实验的性质，内容及实验资料的离散度。一般计量资料的样本数每组不少于 5 例，以 10~20 例为好，计数资料的样本数则每组不少于 30 例。

有关设计性实验数据收集和分析，论文和报告的撰写、相关资料查阅方法等请参考有关书籍和通过相关课程学习。

参 考 文 献

1. 石金玉．实用医学论文写作．北京：人民军医出版社，1995
2. 方福德，周吕，丁濂，张德昌主编．现代医学实验技巧全书．北京：北京医科大学 中国协和医科大学联合出版社，1995

（邓世雄）

二、微机主要操作

【信号输入刺激器输出面板外形说明】

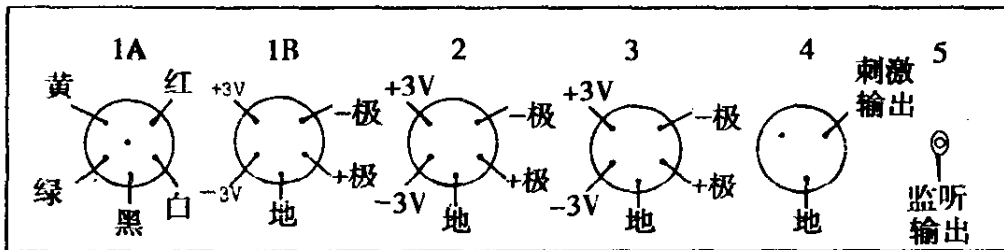


图 2-1

1A 为六芯插座，专用于全导联心电图输入

1B, 2, 3 为五芯插座，用于 1, 2, 3 通道电信号，压力，张力传感器输入，其中 1B 用于神经放电，脑电等弱信号的输入

4 为三芯插座，用于刺激器输出

5 为监听信号的输出

【启动】

在 DOS 提示符下键入

C: \ms302>ms302 <Enter>

进入封面，再按任一键进入图形用户界面

【图形界面与系统状态】

1. 图形界面在进入图形用户界面后，屏幕分成上下两部分。上面为信号窗，又分 3 个子窗口，由上至下依次为 3 个通

道的数字化信号。

下部为状态窗，又分上、中、下 3 个条形区，上区显示数字结果和时间，中区显示子菜单或对话信息及功能键提示，下区显示 8 项主菜单。

2. 系统状态

系统共有 4 种状态，某一时刻，系统只处于 4 种状态中的一种

(1) 监视状态 系统首先进入时间的状态，时间显示字符为黑色，此时仍对各信号数字化，并显于屏幕，但不予存贮。

(2) 记录状态 进入记录状态时，屏幕通道上出现“开始实验”字样，时间显示字符为绿色，第 1, 2, 3 通道的数据以实验当时的时间取名为“年月日时·分 A”，“年月日时·分 B”，“年月日时·分 C”三个文件存于硬盘。

例如：2000 年 01 月 24 日 10 时 15 分实验开始记录的数据文件名为

00012410·15A, 00012410·15B, 00012410·15C

(3) 重显状态 在该状态下，可对存于硬盘上的记录文件或剪辑后的文件进行回放重显，以便打印数据和分析数据。

(4) 剪辑状态 在重显状态下，可用 F7, F8 键对重显的数据进行剪辑，重组后的文件以‘R 原名·XXA’，‘R 原名·XXB’，‘R 原名·XXC’形成三个新的文件，将剪辑后的第 1, 2, 3 通道数字信号转存于硬盘。

【操作键】

→或↓键：用于向右，向下选择菜单或文件或递增须设定的参数

→键小量增加，起细调作用，↓键大量增加，起粗调作用

←或↑键：用于向左，向上选择菜单或文件，或递减需设定的参数

←键小量递减，起细调作用，↑键大量递减，起粗调作用

Enter 键：由上层菜单进入下层菜单，或开始执行该菜单的功能

Esc 键：与 Enter 键作用相反，返回上级菜单，在主菜单状态下按该键，进行监视状态或记录状态切换，或结束实验，返回 DOS

空格键 (space)：是一个反复键，任一状态下按空格键，屏幕显示画面暂时“冻结”，可仔细观察图形，再按空格键，消除“冻结”，恢复显示状态。

【程序功能及操作】

本程序共有 8 个功能块组成，分别显示在菜单上：信号输入，增益选择，实验模块，设刺激器，重显资料，打印选择，显速选择，参数设置。

1. 信号输入（快捷键 1）

根据面板上 1A，1B，2，3 这几个通道所连结的信号，把光标移到“信号输入”菜单，回车，选择相应通道号按回车，最后选择相应的实验内容，按回车开始实验。

2. 增益选择（快捷键 2）

用←，→键将光标移至主菜单“增益选择”，按回车键显示小菜单，用←，→键选择相应子菜单“通道 1”，“通道 2”，“通道 3”按回车键显示不同增益，选择相应的增益值，按回车。

3. 实验模块（快捷键 3）

这个主菜单下的常用实验模块中，对一些参数进行预置，也可以进入实验，重新设置这些参数。

4. 设刺激器（快捷键 4）

作用：设置数字刺激器输出方波的各个参数。

设置方法：在主菜单上按←，→键将光标移至“设刺激

器”，按回车后显示各种参数的子菜单，再用←，→键将子菜单上的光标移至所需设置的参数，按回车后，光标移至数字位，用←，↑，→，↓方向键选择所需参数值，再按回车键确认，各参数设定后，按 Esc 键返回主菜单。

5. 重显资料（快捷键 5）

作用：回放重显实验时记录在硬盘上的数据文件或删除记录文件，并剪辑，打印资料。

操作：实验时记录在硬盘上的数据文件可利用此功能删除文件或回放重显文件，同时可剪辑或打印感兴趣的资料，也可将屏幕扩展显示或对显示图形进行测算和打印。当红色块移至“重显资料”，并按 Enter 键之后，信号窗左边列出可供回放重显的数据文件名（所示为第 1 通道信号形成的数据文件名，实际隐含了 2、3 通道的数据文件）。用方向键上下移动色条，选中欲重显的文件名后按 Enter 键，在状态窗中区显示 3 种重显方式的子菜单。图 2-2 是贮存数据的结构示意图，三种显示方式的含义如下：

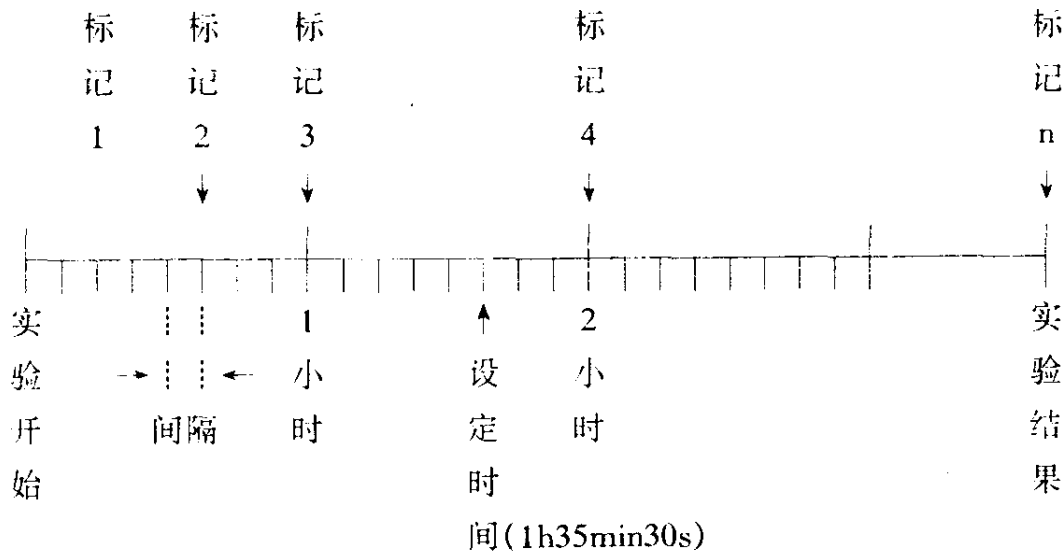


图 2-2 贮存数据结构及三种查找方式示意图

“按设定显示”可设定数据文件中某一具体时刻（以实验开始为 0 时 0 分 0 秒），并从此时间点开始向后重显信号图形。

操作时用←、→键将红色块移至“按设定显示”，并按 Enter 键，此时程序要求用户反复使用←、→键和 Enter 键在状态窗中区后部填上需设定的时间，例如 1 时 35 分 30 秒(1:35:30)。一旦设置完成，程序即找到该次实验开始后第 1 小时 35 分 30 秒时的记录，并从此刻开始向后显示图形。

“按间隔显示”用户选择此重显方式后，可利用←、→键和 Enter 键在子菜单区后部设定时间间隔（间隔长度 1~120 min 可选）。然后数据从头显示，这时按 1 次→键，即从当前数据时间自动向前增进 1 个设定间隔；反之，按 1 次←键，则从当前数据时间自动向后退回 1 个设定间隔，再继续顺时重显数据。

“按标记显示”对打有标记的数据文件可采用此重显方式。此时，在子菜单区后部显示标记号，按 1 次→键，即移至下一个标记开始显示；反之，按 1 次←键，则移至上一个标记开始显示。

在上述三种重显方式进行中，反复按特殊操作 F4 键可对“重显速度”、“单屏显示”、“横向压缩”、“横向扩展”、“扩展屏幕”等功能作出选择（参阅功能键 F4 的说明）；按 F3 键可对屏幕图形进行测算（参阅 F3 的说明）；按 F7 键可开始剪辑需要的资料，为了保证屏幕上所需内容能被辑录进去，故自动从前一屏开始显示剪辑；按 F8 键结束剪辑；按 F9 键可打印屏幕显示的图形和数据。按 Esc 键退出重显状态，信号窗左边又列出可重显的文件名，如果不再重显其他记录文件，再按 Esc 键，显示主菜单，返回监视状态。

6. 打印选择（快捷键 6）

打印选择功能是用干选择图形用户界面中需要打印的部分。当用←、→键将红色块移至“打印选择”，并按 Enter 键后，子菜单区显示“1 通道图形”、“2 通道图形”、“3 通道图形”、“数据打印”4 项内容，用户可通过反复按 Enter 键来选

择打印或不打印，选取后按 Esc 键退出。此后，按 F9 所打印出来的屏幕形式即由该次选择所确定。打印的图形颜色应为白色或黄色，背景色应为黑色或蓝色。

7. 显速选择（快捷键 7）

MS302 将基线扫描速度分成 4000、2000、1000、500、250、100、50、25、10、5、2、1mm/s 和 30、10、5mm/min 15 档。用 ←、→ 键将红色块移至“显速选择”，按 Enter 键后即在子菜单区显示上述数列，再用 ←、→ 键和 Enter 键选定合适的扫描速度，按 Esc 键则放弃选择，返回主菜单。采样速率随着扫描速度而变化，一般是扫描速度的 5 倍。例如，当扫描速度 4000mm/s 时，采样速率为 20kHz，可以做到全实时运行。但扫描速度达到 1000mm/s 以上时，显示屏的背景方格消失，达到 2000mm/s 时，第 3 通道基线停止扫描，到 4000mm/s 时仅第 1 通道的基线扫描。

8. 参数设置（快捷键 8）

参数设置是一个大的综合性功能块，由显示方式、50Hz 滤波、屏幕颜色、基线位移、信号处理、横向压缩、血流动力学等 7 个子功能块组合而成。它们的功能与操作分述于下。

(1) 显示方式 用 ←、→ 键选择“参数设置”并按 Enter 键后，子菜单区显示“显示方式”等 7 项子功能，红色块首先停留在“显示方式”项。再按 Enter 键，列出 7 种显示方式，即“连续示波显示、刺激触发显示、刺激同步显示、同步叠加显示、刺激标记显示、平行移动显示、扩展屏幕显示”的子菜单。现逐一加以说明。

① 连续示波显示：MS302 启动后首先看到的一种普通的扫描方式，三道线自左向右重复扫描，图形不连续，屏幕背景不移动，这与一般示波器的扫描方式相似。

② 刺激触发显示：利用刺激器产生的方波来触发扫描，可只显示与刺激有关的一段信号。按 Enter 键进入此方式后，