

高等医药院校基础课实验教材



SHENGLIXUE
SHIYAN ZHIDAO

生理学 实验指导

周乐全 主编



科学出版社

高等医药院校基础课实验教材

生理学实验指导

周乐全 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

《生理学实验指导》是根据中医院校的专业特点编写而成的。全书共分为四章。第一章介绍了生理学实验课的目的、要求及实验报告的书写等内容。第二章介绍了生理学实验常用仪器设备的使用及溶液的配制方法。第三章介绍了动物实验的基本操作技术。第四章是基本实验内容,包括了神经肌肉、血液、循环、呼吸、消化、泌尿、感官、神经系统、内分泌等系统共三十三个实验。第五章介绍自行设计实验的选题、设计内容、注意事项等内容。

本书适合作为中医院校中医、中西医结合、针推、药学和护理等专业教学用书,亦可供非医学院校的生命科学专业学生和广大生理学爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

生理学实验指导/周乐全主编. —北京: 科学出版社, 2014.4
高等医药院校基础课实验教材
ISBN 978-7-03-040180-9

I. ①生… II. ①周… III. ①生理学-实验-医学院校-教材 IV. ①Q4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第047338号

责任编辑: 杨瑰玉 张 晨 / 责任校对: 纪正红
责任印制: 高 嵘 / 封面设计: 苏 波

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码: 100717
<http://www.sciencep.com>

武汉市新华印刷有限责任公司 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年4月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2014年4月第一次印刷 印张: 7 1/2

字数: 145 000

定价: 18.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《生理学实验指导》编委会

主 编 周乐全

副主编 闫福曼 关 莉 刘海梅

编写人员(按姓氏笔画排序)

刘 微 苏 文 李小英

张晓东 林锐珊 徐进文

前 言

生理学是一门实验性科学。生理学实验课是生理学教学中的重要部分。生理学实验教学除验证课堂讲授的理论内容外，还着重培养学生的实验技能，通过实验培养学生科学的思维方法和科学的工作态度，提高学生的科学素质。

《生理学实验指导》是根据普通高等教育中医药类规划教材《生理学教学大纲》编写的。编写中注意遵循科学性、系统性、逻辑性及内容的先进性等基本原则。本书内容主要有“生理学实验的基本要求”、“常用仪器、设备及使用方法介绍”、“常用实验动物的基本操作技术”和“各系统的生理学基本实验”等。实验项目内容注重培养学生的基本操作技能及科研思维能力，激发学生对科学研究的兴趣，有利于后续课程的学习。此外，还专门介绍了自行设计实验基本程序和方法等，对于提高学生的科研能力起一定的帮助作用。

《生理学实验指导》的实验项目共三十三项，教师可根据不同层次学生生理教学计划安排实施。

由于编者水平有限，书中难免有不妥或错误之处，还望广大读者批评指正，以便修订时改正。

编 者

2013年11月

目 录

第一章 绪论	1
一、生理学实验课的目的	1
二、生理学实验课的要求	1
三、生理学实验报告的书写	2
四、生理学实验室规则	3
第二章 常用仪器、设备和生理盐溶液	4
一、BL-420E 生物机能实验系统	4
二、换能器	9
三、常用器械	10
四、常用生理盐溶液及配制方法	11
第三章 动物实验的基本操作技术	13
一、实验动物	13
二、实验动物的麻醉	14
三、实验动物的捉拿与固定	16
四、实验动物的给药方法	19
五、实验动物的采血与处死	21
六、动物实验的基本操作技能	22
七、实验动物用药量的换算	26
八、实验动物的饲养	28
第四章 生理学基本实验	34
实验一 反射弧分析	34
实验二 坐骨神经干-腓肠肌标本制备与阈强度测定	36
实验三 神经干动作电位的引导	39
实验四 神经干兴奋传导速度的测定	42
实验五 骨骼肌的收缩特征	44
实验六 红细胞渗透脆性试验	46
实验七 红细胞沉降率(血沉)试验	47
实验八 出血时间与凝血时间测定	48
实验九 影响血液凝固的因素	50
实验十 ABO 血型鉴定	52

实验十一	人体心电图的描记与分析	54
实验十二	心音听诊	57
实验十三	蛙心兴奋传导顺序分析	59
实验十四	期前收缩和代偿间歇	61
实验十五	兔减压神经放电	63
实验十六	动脉血压的神经和体液调节	65
实验十七	蛙心灌流	68
实验十八	人体动脉血压的测量	71
实验十九	兔膈肌放电	73
实验二十	呼吸运动的调节	76
实验二十一	胸内负压的测定与气胸的观察	78
实验二十二	胃肠运动的观察	80
实验二十三	影响尿生成的因素	82
实验二十四	小白鼠脊髓半横切的观察	84
实验二十五	小脑受损动物运动功能障碍的观察	86
实验二十六	动物去大脑僵直实验	88
实验二十七	家兔大脑皮质诱发电位	90
实验二十八	肾上腺摘除大鼠的观察	93
实验二十九	视敏度测定	96
实验三十	视野测定	98
实验三十一	盲点测定	100
实验三十二	声音传导的途径	102
实验三十三	破坏动物一侧迷路的效应	104
第五章	自行设计实验	106
一、	选题	106
二、	实验设计的主要内容	107
三、	实验设计的注意事项	108
四、	实验中应注意的问题	109
五、	撰写实验报告应注意的问题	109

第一章 绪 论

生理学是一门重要的医学基础课，它是研究正常机体功能活动规律的科学，也是一门实验性科学。它的理论是在医学实践及对动物与人体进行的科学研究的基础上发展起来的。因此实验教学是生理学教学的重要组成部分，两者有机结合是学好生理学不可分割、相辅相成的重要方法。

一、生理学实验课的目的

生理学实验课的主要目的，在于通过实验使学生了解获得生理学知识的基本研究方法，初步掌握生理学实验的基本操作技能，以及验证和巩固生理学的基本理论。同时在实验过程中培养学生以严谨的态度和缜密的科学方法从事实验活动，客观地观察和分析实验现象，并不断提高独立思考和解决问题的能力。

二、生理学实验课的要求

（一）实验前准备

1. 仔细阅读实验指导，了解实验目的、原理、要求、实验方法和步骤，预期可能出现的实验结果。
2. 复习与本次实验有关的理论课内容，并运用已经学过的理论知识对可能出现的实验结果进行初步分析。

（二）实验过程中

1. 遵守实验室规则。
2. 严格按照实验步骤进行操作，正确使用仪器。
3. 认真操作，仔细观察，如实记录，分析思考为什么会出现这些现象和结果，做到理论联系实际。
4. 实验操作遇有疑难时，要随时找教师或技术员解决。
5. 爱护实验器材，节省实验动物与实验消耗用品。

（三）实验结束后

1. 清理实验器材，具体要求见“生理学实验室规则”。
2. 整理实验结果，书写实验报告，并按时交给负责教师批阅。

三、生理学实验报告的书写

实验报告是考查学生学习态度和实验表现的重要依据，也是学生进行理论和实验知识复习的材料。生理学实验课后要求每位学生独立完成实验报告。实验报告应认真书写，字迹整洁。

报告首页应正确填写班级、专业名称、实验小组、学生姓名、学号及带教教师姓名。

报告内容一般应包括题目、目的、方法、结果、讨论和结论。

（一）实验方法

可简略书写，避免重复实验指导上的内容。

（二）实验结果

应将实验过程中所观察到的现象和结果真实记录，而不是按主观想象或过后的回忆描述。有时需进一步将实验所观察到的现象和所获得的数据进行分析、归纳、综合，找出规律。通过整理可以加深理解和进一步掌握已经学过的理论知识，并训练自己分析、综合问题的能力。

凡属测量和计数资料，均应以正确的单位和数值作出定量表示。必要时可进行统计处理，以保证结论的可靠性。有些实验数据可以用统计表和图形表示，以使结果鲜明、突出，便于比较。需附结果图时，应使用原始记录，以保证结果真实性。

（三）讨论和结论

实验讨论是在实验记录的基础上，根据已知的理论知识，对实验结果加以分析、概括并最后得出实验结论的思维推导过程。在讨论实验结果时，要从现象中找出规律，从实验结果中归纳出所验证的理论。结论应简明扼要，切合实际。在实验中未

能证实的问题不应写入结论。对出现的非预期的结果，应分析其可能的原因。

四、生理学实验室规则

1. 自觉遵守学习纪律，不迟到、不早退，不无故缺席，有事须向教师请假。
2. 实验者必须穿白大衣。
3. 实验前必须认真预习实验指导及有关理论内容，必须严肃认真地进行实验并按时完成，实验中不得进行与实验无关的活动。
4. 保持实验室肃静，不大声说话，以免影响其他组实验。
5. 分配给各组使用的实验器材，不得擅自调换。仪器出现故障，应立即报告教师，以便及时处理或更换。
6. 爱护公共财物，不得损坏实验室内各种仪器设备，注意节约消耗物品。公用物品用后应立即放回原处，以免影响其他组使用。如损坏物品，应向教师报告，并进行登记。
7. 保持实验室整齐清洁，与学习无关的物品不要带进实验室。
8. 实验完毕，应清理实验器材。手术器械要洗净擦干，请教师验收后放回指定地点。如有缺少或损坏，应立即报告负责教师进行登记。动物尸体及实验废弃物应放到指定地点，不得随意乱扔。
9. 每次实验结束后，各组轮流值日，负责实验室清洁卫生及门窗、水电安全检查。

(关 莉)

第二章 常用仪器、设备和生理盐溶液

一、BL-420E 生物机能实验系统

(一) 概述

BL-420E 生物机能实验系统是成都泰盟电子有限公司生产的配置在电子计算机上的四通道生物信号采集、放大、显示、记录与处理系统。由电子计算机、BL-420E 生物机能实验系统硬件和显示与处理软件三个部分构成。可以进行实时的信号显示与处理，也可以及时存储、实验后回放数据进行处理和打印等。主要用于生理、病理生理、药理等学科的各种机能实验、电生理实验等。

(二) BL-420E 生物机能实验系统的工作原理

在生理学实验中，通常需要进行采集、记录、分析的生理信号主要有两大类：一类是反映电活动变化的生物电信号，如心电、脑电、肌电及神经放电等。这些生物电信号需要通过相应的电极引导、采集、输入放大器进行放大，放大后就可以显示和记录出来。另一类是非电变化的信号，如张力、压力变化等。这些变化信号需要通过一个相应的信号转换装置（换能器）转换为电信号，输入放大器，进行放大才能显示和记录出来。

信号经放大器放大、滤波后，通过模（拟）数（字）转换，即 A/D 转换后，输入至计算机，通过生物机能实验系统软件对这些信号进行显示、实时处理并储存。这些信号还可以被进一步处理、分析及打印（图 2-1）。

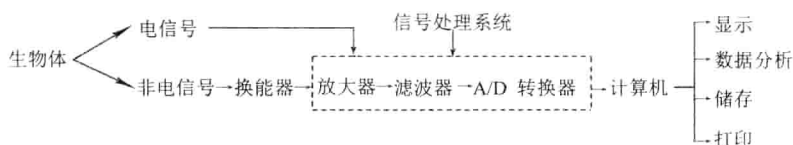


图 2-1 BL-420E 生物机能实验系统工作原理示意图

(三) BL-420E 生物机能实验系统软件操作说明

1. 运行软件 启动计算机进入 Windows 中文操作系统，单击“开始”按钮，

在“程序”项中单击“BL-420E 生物机能系统”程序图标，运行该程序。

2. 软件界面介绍 运行“BL-420E 生物机能系统”程序后，即可出现软件操作主界面（图 2-2）。

(1) 主界面各部分的功能

刺激器调节区：调节刺激器参数及启动、停止刺激。

标题条：显示软件的名称以及实验标题信息。

菜单条：显示所有的顶层菜单项，可以选择其中的某一菜单项以弹出子菜单。

工具条：一些常用命令的图形表示集合，可使常用命令的使用变得方便与直观。

左、右视分隔条：用于分隔左、右视，也是调节左、右视大小的调节器。

时间显示窗口：显示记录数据的时间。

四个切换按钮：用于在四个分时显示复用区中进行切换。

标尺调节区：在实时实验过程中调节硬件增益；在数据反演时调节软件放大倍数。选择标尺单位及调节标尺基线位置。

波形显示窗口：显示生物信号的原始波形或数据处理后的波形，每一个显示窗口对应一个实验采样通道。

显示通道之间的分隔条：用于分隔不同的波形显示通道，也是调节波形显示通道高度的调节器。

分时复用区：包含硬件参数调节区、显示参数调节区以及通用信息区和专用信息区四个分时复用区域。

Mark 标记区：用于存放 Mark 标记和选择 Mark 标记。

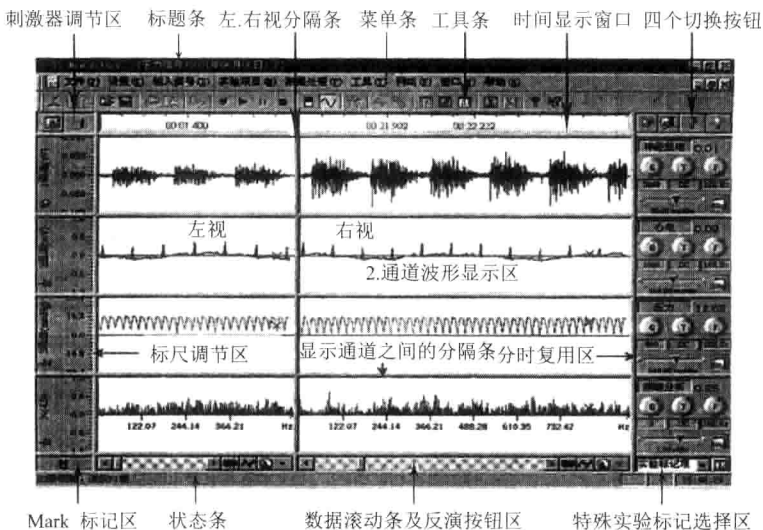


图 2-2 BL-420E 系统生物信号显示与处理软件主界面

状态条：显示当前系统命令的执行状态或一些提示信息。

数据滚动条及反演按钮区：用于实时实验和反演时快速数据查找和定位。

特殊实验标记选择区：用于编辑特殊实验标记，选择特殊实验标记，然后将选择的特殊实验标记添加到波形曲线旁边。

(2) 生物信号波形显示窗口简介：BL-420E 生物机能系统在软件处于初始状态时屏幕上共有 4 个波形显示窗口，实验中可以根据自己的需要在屏幕上显示 1~4 个波形显示窗口，如图 2-3 所示，各部分功能如下。

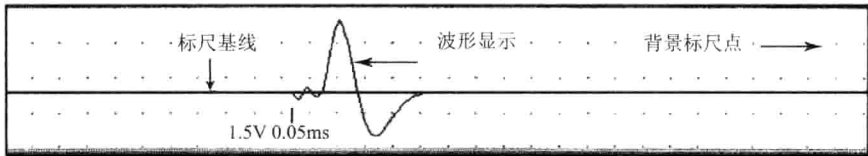


图 2-3 BL-420E 系统软件生物信号显示窗口

标尺基线：生物信号的参考零点，其上为正，其下为负。

波形显示：显示采集到的生物信号波形或处理后的结果波形。







背景标尺点：波形大小和时间长短参考刻度线或点。

(3) 工具条说明：工具条和命令菜单的含义相似，它是一些命令的集合。工具条上的每一个图形按钮称为工具条按钮，每一个按钮对应一条命令，当按钮以雕刻效果（灰色）的图形方式显示时，表示该按钮不可使用。常用的工具条命令功能见表 2-1。

表 2-1 常用的工具条命令功能

图标	命令名称	功能说明
	系统复位	对系统的所有硬件及软件参数进行复位，恢复到初始状态的默认值
	打开反演数据	选择此命令可打开原来存储在硬盘上的数据文件，可对文件进行测量、剪切等操作
	另存为	选择该命令用于将正在反演的数据文件另存为其他名字的文件
	打印	选择该命令将弹出“打印设置”对话框，可修改打印机型号，纸张大小、方向和打印质量等
	打印预览	预览所要打印的图形
	数据记录	当记录命令按钮的红色实心圆标记处于按下状态时说明系统现在正处于记录状态，否则系统仅处于观察状态而不进行观察数据的记录
	开始实验	选择该命令，将启动数据采集，并将采集到的实验数据显示在计算机屏幕上；如果数据采集处于暂停状态，选择该命令，将继续启动波形显示。在反演时，该命令用于启动波形的自动播放
	暂停实验	用于暂停数据采集与波形动态显示；反演时，该命令用于暂停波形的自动播放
	停止实验	选择该命令用于结束当前实验

续表

图标	命令名称	功能说明
	背景颜色	该命令用于切换显示通道背景颜色
	隐藏、显示标尺点	通过该命令，可以显示或隐藏背景上的标尺格线
	添加通用标记	在实验中，单击该命令，将在波形显示窗口的顶部添加一个实验标记，标记编号从 1 开始顺序进行
	区间测量	该命令用于测量当前通道图形中的任意段波形的频率、最大值、最小值、平均值及面积等参数，测量的结果显示在通用信息显示区中
	图形剪辑	该命令是将通道显示窗口中选择的一段波形连同从这段波形中测出的数据一起以图形的方式发送到 Windows 操作系统的公共数据区内
	数据剪辑	该命令是将选择的一段或多段反演实验波形的原始采样数据按 BL-420 的数据格式提取出来，并存入指定名字的 BL-420 格式文件中

(四) BL-420E 生物机能实验系统操作方法

1. 开机 通过 USB 连线将生物机能实验系统主机与计算机主机连接，并分别打开其电源。

2. 启动软件 启动计算机进入 Windows 中文操作系统，单击“开始”按钮，在桌面或“程序”项中单击“BL-420E 生物机能系统”程序图标，运行该程序。

3. 开始实验 BL-420E 生物信号显示与处理软件中有 4 种方法可以启动 BL-420E 系统进行生物信号采样与显示。①从软件的“输入信号”菜单中为需要采样与显示的通道设定相应的信号种类，然后从工具条中选择“启动波形显示”命令按钮；②从“实验项目”菜单中选择自己需要的实验项目；③选择工具条上的“打开上一次实验设置”按钮；④从“文件”菜单中的“打开配置”命令启动波形采样。

通常采用第 2 种方法，只须单击“实验项目”菜单项，在弹出的下拉式菜单中选取所需要的实验项目即可。启动实验后，系统会自动完成该实验的基本参数设置，包括通道（默认是 1 通道）、采样率、系统放大倍数等。在“实验项目”菜单项中设置了 9 大类共 46 个实验模块，涵盖了绝大部分的生理学实验。

4. 调节参数 可通过调节各通道增益、扫描速度、时间常数及滤波，使所观察的波形处于合适的状态（图 2-4）。

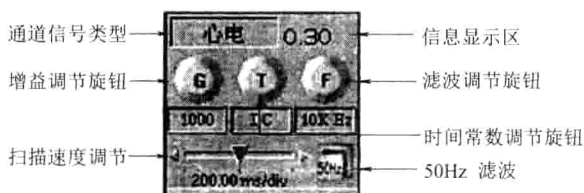


图 2-4 通道参数调节区图示

(1) 增益调节: 增益是指生物机能实验系统的放大倍数, 用鼠标左键单击“增益调节旋钮”可以放大波形, 鼠标右键单击则缩小。

(2) 扫描速度调节: 可改变通道显示波形的扫描速度, 移动鼠标至三角游标上, 单击左键, 向右滑动则扫描速度增大, 向左则减慢。

(3) 时间常数、滤波调节: 滤波和时间常数属于不同性质的滤波。生物机能实验系统中的滤波是指高频滤波(低通滤波), 它的作用是衰减生物信号中带入的高频噪声, 而让低频信号通过。时间常数是指低频滤波(高通滤波), 它的作用是衰减生物信号中所带入的低频噪声, 而让高频信号通过。通过对这两个信号的调节, 使所记录和显示的信号落在一个较好的通频带范围, 记录的信号更加真实和可靠。一般来说, 生物信号的类型不同, 选用的滤波和时间常数也不同, 如果选用不恰当, 会造成记录的信号失真。

5. 实验标记 在实验过程中, 常需要在实验波形有变化的部分如刺激或用药后, 添加一个实验标记, 以明确实验过程中的变化, 同时也为反演查找留下依据。

在生物机能实验系统软件中, 有两种类型的实验标记可选择, 分别是通用实验标记和特殊实验标记。通用标记对所有实验效果相同, 其形式为在通道显示窗口的顶部显示一向下箭头, 箭头的后面有一个顺序标记的数字, 如 1、2、3 等。添加通用实验标记只需按下工具条上的“通用实验标记”命令按钮即可。特殊实验标记内容是实验模块本身预设或自己编辑的文字, 实验时用鼠标在“实验标记项”中选择相应的标记, 并把鼠标移到需要标记的位置点击左键即可, 每选择一次只能标记一次。

6. 刺激器的使用 电子刺激器可输出准确稳定的电刺激脉冲。它不易损伤组织, 能定量、定时, 并可重复使用, 因此是生理学实验中经常使用的刺激仪器。

刺激器的参数按钮在主界面左边标尺调节区的上方。需要使用或调节刺激器时, 用鼠标单击“刺激器调节”按钮, 即可弹出设置刺激器参数对话框。刺激器主要按钮的功能如下:

(1) 刺激方式, 根据需要可选择连续刺激、手控单刺激、连续双脉冲或多脉冲刺激等。

(2) 延迟, 其作用是使触发输出与刺激波输出之间产生一定的时间延迟。

(3) 波宽, 即刺激的作用时间。选择时需与刺激强度相配合。

(4) 频率, 进行连续刺激时需调节到所需的频率。

(5) 刺激强度(电压或电流), 一般刺激器的刺激输出强度可在 0~50V 进行调节。常用的刺激强度在 10V 以内, 电压太高会损伤组织。

7. 结束实验 实验结束时, 单击工具条上的“停止实验”按钮。会弹出一个“另存为”对话框, 提示需要给刚才记录的实验数据输入文件名, 可以给文件起一个名字并保存。在数据反演时可打开保存的文件进行测量、剪辑等操作。如果不起文件名, 则系统以“temp.dat”的文件名保存, 如果不保存文件则按“取消”按钮。

8. 图形剪辑 在实时实验过程或数据反演中,按下“暂停”按钮使实验处于暂停状态,用鼠标左键单击工具条上的“图形剪辑”按钮,对所需要的一段波形进行区域选择,可以只选择一个通道的图形或同时选择多个通道的图形。当进行了区域选择以后,图形剪辑窗口出现,上一次选择的图形将自动黏贴进入到图形剪辑窗口中。选择图形剪辑窗口右边工具条上的“退出”按钮,退出图形剪辑窗口。重复上述步骤可以剪辑其他波形段的图形,然后拼接成一幅整体图形,可以存储或打印,也可以复制到其他应用程序,如 Word、Excel 中。

9. 数据剪辑 打开已保存的数据文件,在需要剪辑的实验波形进行区域选择,用鼠标左键单击工具条上的“数据剪辑”按钮,一段数据曲线即被剪切出来,可重复剪切,最后选择文件名进行保存。

10. 打印 当实时图形剪辑或数据剪辑的文件需要打印时,可用鼠标单击工具条上的“打印”命令按钮,根据弹出的对话框进行设置并打印。

二、换 能 器

换能器(又称传感器)就是把生理学实验一些非电的信号转换成电信号的装置,不同的非电信号必须通过相应的换能器才能转换,如压力换能器、张力换能器等。

(一) 张力换能器

张力换能器是通过机械牵拉换能器悬梁上的受力点使电桥失去平衡而产生电流的原理,把实验中的一些机械力变化转换成电能变化,输入放大器放大后加以处理和分析。

张力换能器的应变元件的厚度与承受力的大小有关,根据所测生理机械力的大小,可采用不同上限量程的换能器。

使用换能器时,先将被测标本的一端固定,另一端按标本的长度悬于换能器的受力点上,然后将换能器的输出与放大器相接通,便可观察或记录标本收缩舒张活动经换能后的变化。

(二) 血压换能器

血压换能器能将血压的变化转换为电能。换能器的头部用透明罩密封,内充满肝素生理盐水,从排气孔排出所有残余气泡,然后夹闭。另一嘴为压力传送嘴,接通血管套管。当压力传送嘴与血管接通时,压力传至弹性扁管,使应变片变形,输出电流改变。

三、常用器械

(一) 蛙类手术器械

1. **剪刀** 粗剪刀用于剪骨骼等粗硬组织；手术剪用于剪肌肉和皮肤组织等；眼科剪用于剪神经和血管等组织。
2. **镊子** 大镊子用于夹持肌肉和皮肤等组织；小镊子用于夹细软组织，如小血管等。
3. **金属探针** 用于破坏蛙或蟾蜍的脑和脊髓。
4. **玻璃分针** 用于分离神经及血管等组织。
5. **蛙板** 用于固定蟾蜍或其他标本。
6. **蛙心夹** 用于夹住蛙心，另一端通过连线连接张力换能器，以记录心脏的收缩和舒张活动。

(二) 哺乳类手术器械

1. **手术刀** 用于切开皮肤和器官，动物实验常用的手术刀执刀法见图 2-5。
2. **剪刀** 包括手术剪和眼科手术剪。手术剪分弯形和直形两种，弯剪用于剪毛，直剪用于剪皮肤、皮下组织等。眼科手术剪用于剪神经和血管等组织。
3. **镊子** 同蛙类手术器械的镊子。



图 2-5 常用手术刀执刀法

4. **止血钳** 分直、弯等不同规格，用于止血和分离组织等。
5. **颅骨钻** 用于开颅钻孔。
6. **咬骨钳** 用于打开颅腔时咬切骨质。
7. **动脉夹** 用于夹闭动脉，以暂时阻断动脉血流。
8. **动脉插管** 用于插入动脉连接血压换能器。
9. **气管插管** 用于急性动物实验时插入气管固定，以保证呼吸道通畅。