

普通高等教育“十二五”规划教材  
全国高等院校规划教材

# 动物生理学

## 实验教程

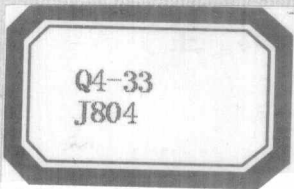
主编 金天明



清华大学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

高等院校规划教材



# 动物生理学

## 实验教程

主编 金天明



Q4-33  
J804

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

《动物生理学实验教程》全书可分三部分:第一部分(第一至七章)介绍了动物生理学实验的教学目的和实验方法、BL-420 生物功能实验系统、实验动物的基本知识、实验动物的选择方法、动物生理学实验室的生物安全及对实验者的要求、动物实验的基本技术方法、动物实验外科操作技术与常见手术方法;第二部分(第八至十六章)介绍了动物生理学的基本实验,共计 71 个,涉及细胞的基本功能、血液生理、血液循环生理、呼吸生理、消化生理、能量代谢和体温调节、泌尿生理、神经与感觉生理、内分泌和生殖生理;第三部分(第十七章)介绍了设计性实验的基本原则、实验设计的基本过程和设计性实验举例。本教材主要面向全国高等农林水产院校的动物医学、动物科学、动物药学、水产养殖、动植物检疫、生命科学、水族科学与技术、野生动物资源保护、生物学及生物技术等专业的本、专科学生,还可供普通师范院校、综合性大学、高等职业院校等有关生命科学的本、专科专业学生使用,同时还适用于成人教育,并可作为硕士研究生教学用书以及科研工作者的参考书和工具书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

动物生理学实验教程/金天明主编. --北京:清华大学出版社,2012.4

(普通高等教育“十二五”规划教材·全国高等院校规划教材)

ISBN 978-7-302-28215-0

I. ①动… II. ①金… III. ①动物学:生理学—实验—高等学校—教材 IV. ①Q4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 030150 号

责任编辑:罗 健

封面设计:嘉玮伟业

责任校对:赵丽敏

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:三河市李旗庄少明印装厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.5 字 数:356 千字

版 次:2012 年 4 月第 1 版 印 次:2012 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:25.00 元

# 《动物生理学实验教程》编委会

主 编 金天明

副主编 李 术 李留安 刘宗柱

齐景伟 李敬双 宁红梅

编 者 (按拼音顺序排列)

东彦新 (内蒙古民族大学)

滑 静 (北京农学院)

洪中山 (天津农学院)

姜成哲 (延边大学)

金天明 (天津农学院)

刘宗柱 (青岛农业大学)

李 术 (东北农业大学)

李敬双 (辽宁医学院)

李留安 (天津农学院)

刘淑英 (内蒙古农业大学)

马燕梅 (福建农林大学)

宁红梅 (河南科技学院)

齐景伟 (内蒙古农业大学)

孙 颖 (天津农学院)

尹福泉 (广东海洋大学)

制 图 陈 义 (天津市教育招生考试院)

《动物生理学实验教程》全书可分三部分：第一部分（第一至七章）介绍了动物生理学实验的教学目的和实验方法、BL-420 生物功能实验系统、实验动物的基本知识、实验动物的选择方法、动物生理学实验室的生物安全及对实验者的要求、动物实验的基本技术方法、动物实验外科操作技术与常见手术方法；第二部分（第八至十六章）介绍了动物生理学的基本实验，共计 71 个，涉及细胞的基本功能、血液生理、血液循环生理、呼吸生理、消化生理、能量代谢和体温调节、泌尿生理、神经与感觉生理、内分泌和生殖生理；第三部分（第十七章）介绍了设计性实验的基本原则、实验设计的基本过程和设计性实验举例。在学生已掌握动物生理学实验的基本设计原理及实验技能的基础上，通过对设计性实验的基本思路、基本环节、基本程序和具体步骤的详细讲授，将实验设计引入实验教学过程中，弥补了设计性实验的不足。

动物生理学实验教学在培养学生能力方面具有举足轻重的作用，本教材将强化实验教学和注重能力培养作为动物生理学实验课的教学内容和目标之一，在实验教学过程中按照“验证性实验、综合性实验、设计性实验”的顺序安排，循序渐进地开展实验，不断提高学生的综合能力。使动物生理学实验教学真正成为培养学生能力的重要途径，为后续课程的学习打下坚实的基础。

诚然，追求完美是我们的目标，但书中的纰漏和瑕疵在所难免，冀望同行和本教材的使用者不吝赐教。

金天明

2011 年 9 月 15 日于天津

<b>第一章 绪论</b> .....	1	二、常用实验动物的饲养标准和 营养需要特点 .....	30
一、动物生理学实验内容和目的 .....	1	三、实验动物饲料的分类及其营养 价值的评定 .....	32
二、动物生理学的研究方法 .....	1	四、实验动物饲养的辅助设施和 设备 .....	33
三、动物生理学实验教学的整合及对 学生综合能力的培养 .....	2	<b>第三节 实验动物常用操作技术</b> .....	34
<b>第二章 BL-420 生物功能实验系统</b> .....	7	一、动物实验中常用的手术方法 .....	34
一、系统概述 .....	7	二、实验动物的急救 .....	36
二、系统性能指标 .....	7	三、实验动物的护理 .....	37
三、原理 .....	7	<b>第四章 实验动物的选择方法</b> .....	38
四、软件使用方法 .....	9	<b>第一节 选择实验动物的基本原则</b> .....	38
五、注意事项 .....	16	一、相似性原则 .....	38
<b>第三章 实验动物的基本知识</b> .....	17	二、特殊性原则 .....	39
<b>第一节 常用实验动物的种类及应用</b> .....	17	三、可靠性原则 .....	39
一、蟾蜍和青蛙 .....	17	四、标准化原则 .....	39
二、家兔 .....	17	五、重复性原则 .....	40
三、小鼠 .....	20	六、可控性原则 .....	40
四、大鼠 .....	22	七、规格化原则 .....	40
五、猪 .....	23	八、经济性原则 .....	40
六、狗 .....	24	<b>第二节 常见动物实验中实验动物的         选择</b> .....	41
七、猫 .....	26	一、实验动物的来源及其遗传背景 .....	41
八、鸡 .....	27	二、实验动物的种类 .....	41
九、鸽 .....	28	三、实验动物的品系 .....	41
十、山羊 .....	28	四、实验动物的性别 .....	42
十一、绵羊 .....	28	五、实验动物的年龄 .....	42
十二、马 .....	29	六、实验动物的体重 .....	42
十三、牛 .....	29	七、实验动物的生理及健康状况 .....	42
<b>第二节 实验动物的营养需要及饲养         管理</b> .....	29	八、实验动物的等级 .....	43
一、动物所需营养素的种类及影响 营养需要量的因素 .....	30		

第三节 实验设计与技术操作对结果的 影响及控制 .....	43	二、局部麻醉 .....	63
第五章 动物生理学实验室的生物 安全及对实验者的要求 .....	45	三、椎管内麻醉 .....	65
第一节 动物生理学实验室的生物 安全 .....	45	四、动物麻醉深度的判定 .....	65
一、病原体分级 .....	45	第七节 动物给药途径与方法 .....	65
二、生物安全等级 .....	45	一、注射给药 .....	66
三、影响动物实验室的环境因素 .....	45	二、经口给药 .....	67
第二节 动物生理学实验中对实验者的 要求 .....	47	三、吸入给药 .....	68
一、实验动物的订购与运输 .....	47	四、气管注入法 .....	68
二、实验人员的保护 .....	48	第八节 动物血液采集方法 .....	69
第六章 动物实验的基本技术方法 .....	49	一、实验动物血液的采集 .....	69
第一节 动物实验前的准备 .....	49	二、常用实验动物的采血部位及 方法 .....	70
一、样本与剂量 .....	49	第九节 动物各种体液的采集方法 .....	73
二、预实验与筛选 .....	50	一、尿液的采集 .....	73
三、手术动物的准备 .....	50	二、胆汁的采集 .....	73
第二节 动物实验设计与分组 .....	51	三、胰液的采集 .....	74
一、实验设计的基本原则 .....	51	四、淋巴液的采集 .....	74
二、常用的实验设计方法 .....	53	五、唾液的采集 .....	74
第三节 实验动物的抓取与固定 .....	54	六、阴道液的采集 .....	74
一、小鼠的抓取与固定 .....	54	七、精液的采集 .....	74
二、大鼠的抓取与固定 .....	55	八、乳汁的采集 .....	75
三、豚鼠的抓取与固定 .....	55	九、实验动物粪便的采集 .....	75
四、兔的抓取与固定 .....	56	第十节 受试动物的临床检查方法 .....	75
五、犬的抓取与固定 .....	56	一、肝脏活检方法 .....	75
六、猫的抓取与固定 .....	57	二、淋巴结活检方法 .....	75
七、蛙类的抓取与固定 .....	57	三、骨组织活检方法 .....	75
第四节 常见实验动物性别鉴定与 日龄判断 .....	58	四、阴道组织活检方法 .....	75
一、实验动物性别鉴定 .....	58	第十一节 动物的处死方法 .....	76
二、实验动物日龄的判断 .....	58	一、大鼠和小鼠 .....	76
第五节 动物标记法及去毛法 .....	59	二、犬、猫、兔、豚鼠 .....	76
一、动物标记法 .....	59	第七章 动物实验外科操作技术 与常见手术方法 .....	77
二、动物去毛法 .....	60	第一节 术前准备及术后处理 .....	77
第六节 动物的麻醉方法 .....	61	一、术前准备 .....	77
一、全身麻醉 .....	61	二、术后处理 .....	81
		第二节 动物实验外科基本操作技术 .....	82
		一、组织分离 .....	82
		二、组织切开 .....	83
		三、止血 .....	83

四、打结·····	84	实验五	动脉血压的直接测定与影响因素·····	120
五、缝合·····	86	实验六	人体动脉血压的间接测定及运动对血压的影响·····	122
六、拆线·····	87	实验七	影响心排血量的因素及其实验观察(综合性实验)·····	124
<b>第八章 细胞的基本功能</b> ·····	88	<b>第十一章 呼吸生理</b> ·····	127	
实验一 坐骨神经-腓肠肌标本的制备及生物电现象的观察·····	88	实验一 家兔胸内压的测定和开放性气胸的观察·····	127	
实验二 刺激与反应的关系·····	90	实验二 家兔呼吸运动的调节·····	128	
实验三 蛙坐骨神经干动作电位的观察·····	92	实验三 膈肌电活动的记录·····	130	
实验四 神经干兴奋不应期的测定·····	94	实验四 呼吸运动、胸内压及膈神经放电的同步观察(综合性实验)·····	132	
实验五 强度-时间曲线的测定·····	95	<b>第十二章 消化生理</b> ·····	135	
实验六 神经-肌肉接头兴奋的传递和阻滞·····	96	实验一 离体小肠平滑肌的生理特性·····	135	
实验七 蛙坐骨神经-腓肠肌标本中神经、肌肉兴奋时的电活动、肌肉收缩以及不同因素对观察指标的影响(综合性实验)·····	98	实验二 唾液分泌的观察·····	137	
实验八 骨骼肌终板电位的记录及药物的影响(综合性实验)·····	99	实验三 胰液和胆汁的分泌·····	139	
实验九 影响神经动作电位传导速度的因素(设计性实验)·····	100	实验四 胃内容物的分层分布·····	141	
<b>第九章 血液生理</b> ·····	101	实验五 猪胃液的分泌·····	142	
实验一 血细胞比容的测定·····	101	实验六 胃肠道运动的直接观察·····	143	
实验二 红细胞渗透脆性的测定·····	102	实验七 反刍动物咀嚼与瘤胃运动的描记·····	144	
实验三 红细胞沉降率的测定·····	103	实验八 反刍活动观察·····	145	
实验四 血细胞计数·····	104	实验九 瘤胃内容物的观察·····	147	
实验五 血红蛋白含量的测定·····	107	实验十 肠内容物渗透压对小肠物质吸收的影响·····	147	
实验六 出血时间和凝血时间的测定·····	108	<b>第十三章 能量代谢和体温调节</b> ·····	149	
实验七 影响血液凝固的因素·····	109	实验一 小白鼠能量代谢的测定·····	149	
实验八 ABO 血型鉴定和交叉配血实验·····	111	实验二 动物体温的测定·····	150	
<b>第十章 血液循环生理</b> ·····	113	实验三 甲状腺激素对代谢的影响·····	151	
实验一 蛙心起搏点观察·····	113	<b>第十四章 泌尿生理</b> ·····	153	
实验二 蛙类微循环的显微观察·····	114	实验一 影响尿生成的因素·····	153	
实验三 蛙心的期前收缩与代偿间歇·····	116	实验二 循环、呼吸、泌尿功能的综合观察·····	155	
实验四 蛙心脏灌流实验观察·····	118	<b>第十五章 神经与感觉生理</b> ·····	158	
		实验一 脊髓反射的基本特征和反射弧的分析·····	158	
		实验二 大脑皮层运动功能定位和去		



	大脑僵直 .....	160		性实验) .....	190
实验三	损伤小鼠一侧小脑对躯体运动的影 响 .....	163		一、摘除甲状腺对大鼠能量代谢率的影 响 .....	190
实验四	破坏豚鼠一侧迷路的效应 ..	164		二、垂体提取物对离体培养的甲状腺组 织分泌甲状腺激素的影响 ..	190
实验五	小白鼠电防御条件反射的建立、分 化与消退 .....	164	<b>第十七章 设计性实验</b> .....	192	
实验六	家兔大脑皮层诱发电位 .....	166	第一节 设计性实验的基本原则 .....	192	
实验七	豚鼠耳蜗微音器电位的观察 ..	167	一、科学性原则 .....	192	
实验八	毁蛙脑不同部位引起骨骼肌运动的 观察 .....	169	二、简便性原则 .....	192	
实验九	交互抑制 .....	170	三、可行性原则 .....	192	
实验十	自主神经末梢递质释放的观察 .....	171	四、单一变量原则 .....	192	
<b>第十六章 内分泌和生殖生理</b> .....	173		五、可重复性原则 .....	192	
实验一	摘除肾上腺对动物耐受力的影响 .....	173	六、对照性原则 .....	193	
实验二	摘除甲状旁腺对动物机体的影响 .....	174	第二节 实验设计的基本过程 .....	193	
实验三	胰岛素和肾上腺素对血糖水平的影 响 .....	176	一、设计性实验的基本思路 .....	193	
实验四	摘除垂体对体内某些内分泌腺的影 响 .....	177	二、设计性实验的基本环节 .....	193	
实验五	垂体激素对蛙卵巢的作用 ..	178	三、设计性实验的基本程序 .....	194	
实验六	甲状腺激素对蝌蚪发育的影响 .....	179	四、设计性实验的具体步骤 .....	194	
实验七	甲状腺激素的放射免疫测定 ..	180	第三节 设计性实验举例 .....	195	
实验八	小鼠发情周期的检查 .....	182	实验一 低温应激对小鼠不同组织脂 质过氧化状态的影响 .....	195	
实验九	雌激素对雌性小鼠生殖器官发育的 影响 .....	183	实验二 人参对游泳应激小鼠血清葡 萄糖、尿素和肌酐含量的影响 .....	196	
实验十	雄激素对鸡冠发育的影响 ..	183	实验三 川芎水煎液对离体蟾蜍心电 图的影响 .....	197	
实验十一	精子耗氧强度的测定 .....	184	<b>附录</b> .....	198	
实验十二	精子活力的检查和畸形率测定 .....	185	附录一 常用生理溶液的配制 .....	198	
实验十三	蛙的受精方法及卵裂的观察 .....	187	附录二 实验动物的一般常数 .....	199	
实验十四	大鼠离体子宫平滑肌运动的观察 .....	188	附录三 常用注射麻醉剂、消毒药品和 洗涤液的参考剂量、配置及用途 .....	200	
实验十五	甲状腺对大鼠能量代谢率的影响及其 分泌调节 (综合		附录四 常用血液抗凝剂的配制及其 方法 .....	201	
			附录五 动物给药量的确定及人与动 物的用药量换算方法 .....	202	
			<b>参考文献</b> .....	204	

## 一、动物生理学实验教学内容和目的

动物生理学是研究动物机体生命活动（功能）及其规律的一门科学，是生命科学的基石。动物生理学是农业院校动物类各专业的专业基础课，在人才培养中起到承前启后的重要作用。动物生理学教学的最大特点是实验性强，实验课学时约为总学时的40%。其实验教学内容大致可分为基本操作、综合应用和实验设计三部分。通过理论与实践相结合的教学方式，使学生产生直观的认识，帮助他们理解课堂所讲授的内容，巩固课堂所学的理论，同时在实验操作中培养学生严谨的科学态度，掌握基本操作技能，观察分析生理现象，不断提高认识和解决问题的能力。因此，动物生理学教学要将过去偏重于理论讲授，转变为启发式、讨论式和研究式的教学方法，重视学生在教学活动中的主体地位，充分调动学生学习的积极性、主动性和创造性，努力实现以知识传授为基础、能力培养为重点的现代教育教学理念，逐步使用讲授与自学、讨论与交流、指导与研究、理论与实践、课堂教学与实验教学、设计与创新等相结合的多种教学方法，最终达到培养学生熟悉生理学操作技能和观察、分析、解决问题的综合能力的目的。

## 二、动物生理学的研究方法

动物生理学知识主要来自对生命现象的客观观察和实验获得。所谓观察是以动物活体为观察对象，以物理学或化学方法为手段，通过选题设计、实验观察、数据处理和科学分析得出对生命活动规律的理解和认识。

生理学的奠基人 William Harvey 首先将动物实验方法引进这一学科领域。研究者通过观察多种动物同一器官的功能活动，可以从共同的表现中找出普遍性的规律。1847年 Ludwig 发明了记纹鼓 (kymograph)，以后又使用了各种杠杆和机械检压装置，使动物实验中对各种功能活动的观察变得更精细、准确，易于对实验结果作出客观记录和定量分析，这些实验技术极大地推动了生理学的发展。直到20世纪，生理学的研究内容还主要是各器官的功能及其调节的器官生理学。在器官和系统水平上的生理学研究中，所用动物实验的研究方法大体上可分为慢性实验和急性实验。

慢性动物实验方法主要是在无菌和麻醉条件下对健康动物进行手术，暴露要研究的器官，如消化道各种造瘘手术，或摘除、破坏某一器官，如切除某一内分泌腺、破坏内耳迷路等，待动物清醒和恢复健康后再进行实验，使其尽可能地在接近正常生理状态下，观察所暴露、摘除或被破坏某器官后动物所产生的功能变化等。由于慢性实验属于整体性实验，其优点是能较好地反映器官在体内的正常活动，缺点是对手术的操作要求高，有一定的难度，因此，这种实验方法有其局限性和优缺点，选用时要与实验目的相匹配并对所得实验结果作出正确评判。

急性在体实验是在无痛条件下对动物实行手术，对某一两个器官进行实验观察的方法。急性实验以失去知觉的动物作为研究对象，又可分为急性在体 (in vivo) 和急性离体 (in vitro) 两类实验。急性在体实验（也称为活体解剖法）是将动物处于麻醉或破坏大脑状态，解剖暴露某个器官后，对该器官给予适当刺激，随之观察记录和分析该器官功能状态改变的实验方法。例如，蛙

心起搏点和蛙微循环观察；家兔呼吸运动的调节以及影响尿生成的因素等实验。急性离体实验是从动物体内取出某个器官、组织或细胞，在模拟机体生理条件下进行的实验方法。例如，蛙坐骨神经-腓肠肌标本中神经-肌肉兴奋时的电活动和肌肉收缩的综合观察；蛙心灌流实验观察和家兔离体小肠平滑肌的生理特性等实验。急性实验方法的缺点是有一定的片面性和局限性，不一定能反映器官、组织在体内的正常活动情况。

急性实验方法比慢性实验方法简单，且条件易于控制，有利于观察器官间的具体关系和分析某一器官功能活动的过程与特点，但这与正常生理状态下的功能活动还是存在一定的差别。

### 三、动物生理学实验教学的整合及对学生综合能力的培养

动物生理学实验是获得动物生理学理论知识的依据和来源，同时也是动物生理学理论的重要组成部分。对于学生理解与掌握所学理论知识、锻炼思考及分析解决问题的能力、培养科学态度和动手意识都有着非常实际的意义。然而，当前这种先理论后实验的传统教学模式，在很大程度上制约了学生自主创新能力的培养，导致在教和学的过程中产生了重理论轻实验的不良后果，使理论与实验教学相脱节，失去了实验教学的目的和意义。为改进动物生理学实验教学，提高教学质量，有必要对现有的动物生理学实验内容进行优化和整合。

#### （一）动物生理学实验教学的整合

传统的动物生理学实验课程开设的都是验证性和演示性实验，即按照教学大纲选择相应的实验，实验前任课教师将实验的目的、原理、内容、方法、步骤及注意事项等都写在黑板上，上课时教师给学生讲述甚至示教一遍，然后学生机械地按照教师的要求做实验。虽然每个实验的成功率很高，但实验操作技能测试的成绩并不理想。显然，传统的教学方式在一定程度上束缚了学生思维，限制了学生视野，不利于学生独立思考、分析问题和创新意识的培养。因此，为了培养学生的实验技能及思维能力，有必要对实验方法进行有益的探索，以达到提高人才培养质量的目的。

在动物生理学实验学时不断压缩的情况下，根据动物生理学一些实验项目的内容及特点，进行重新组合，充分利用实验学时和实验材料，增加学生的动手操作机会，提高实验教学的质量和学生的操作技能。

1. 实验项目在时间上的整合 根据有些实验项目的时间特点进行穿插。如作蛙心起搏点观察或蛙心灌流实验观察后，可适当安排蛙坐骨神经-腓肠肌标本制备、刺激强度对肌肉收缩的影响、刺激频率对肌肉收缩的影响、心肌收缩特点的观察和神经干复合动作电位及其传导速度的测定等实验。又如做呼吸运动调节实验时，同时安排红细胞脆性的测定和影响血液凝固的因素实验，实现实验动物整体的综合利用和时间上的有效利用，这样既减少了时间上的浪费，又增加了实验内容。

2. 实验项目在内容上的整合 蛙（蟾蜍）是动物生理学常用的实验材料，在神经和肌肉生理实验中常用来观察兴奋性、兴奋过程以及肌肉收缩的特点，也用于心血管活动规律的研究和心肌兴奋与收缩规律的观察分析等。近年来，由于自然环境的恶化，导致蛙（蟾蜍）数量减少。同时，蛙（蟾蜍）又是一种有益动物（可以捕食多种害虫，大量的捕杀会严重影响生态平衡），从保护生态环境的角度出发，应尽量减少有益野生蛙（蟾蜍）的使用量。这就促使对实验教学形式和手段进行必要的改革，即根据有些实验内容的相关性进行实验项目的有机组合。如设计一些以蛙（蟾蜍）为实验材料的综合性实验，即用同一只蛙（蟾蜍）来完成具有一定联系或者相对独立的实验，如蛙心起搏点观察、蛙心灌流实验观察、蛙微循环观察、脊髓反射的基本特征和反射弧的分析、

蛙坐骨神经-腓肠肌标本制备、刺激强度对肌肉收缩的影响、刺激频率对肌肉收缩的影响、心肌收缩特点的观察、神经干复合动作电位及其传导速度的测定、神经兴奋不应期的测定、刺激强度-时间曲线的测定、神经-肌肉兴奋的电活动和肌肉收缩的综合观察、影响神经动作电位传导速度的因素等实验项目。通过使不同的实验项目穿插进行,用一只青蛙(蟾蜍)就可以完成上述数个实验项目,既节约了实验材料,又减少了经费和时间浪费。

3. 必修与选修实验内容间的整合 增加综合性实验的前提条件是必须保证学生掌握基本的实验方法与技能。为此应根据实验的重要性和必要性将实验教学大纲中的动物生理学实验分为两类,一类是必修实验,主要是保证学生掌握动物生理学实验的基本方法与技能、理解基本理论知识、独立解决在实验中所遇问题的能力。另一类是选修实验,主要是进一步加强对学生科研思维能力的训练,培养学生的科研兴趣,充分挖掘他们的创造性潜能。因此,在某些必修实验操作完成之后,鼓励学生利用现有实验条件,进行实验课中选修内容的操作与训练。例如,在影响尿生成的因素实验完成之后,可以练习兔的血液采集方法。又如,在呼吸运动调节实验完成之后,学生可以练习兔各种体液的采集方法等。通过必修与选修内容间的有机结合,可以提高实验动物的利用率以及学生的动手操作能力。在新世纪的创新型人才培养中,两类实验都不可缺少,前者是保证人才培养的基础,后者则是前者的必要补充。

4. 模拟实验与操作实验间的整合 随着科学技术的飞速发展,多媒体辅助教学在动物生理学实验教学中发挥着越来越重要的作用,尤其是计算机的普及应用和生理学实验教学软件的开发,极大地促进了实验教学改革的进程。一些实验软件不仅可通过预置参数快捷准确地对实验数据自动分析、处理和保存,有的还具有特殊的实验模拟功能,即在无动物的情况下,运用模拟声音、图像和文字等多种方式,对实验过程进行仿真模拟,使所获实验结果生动、形象、逼真、可视性强、趣味性大,便于激发学生的学习热情。

教师课前利用模拟实验,使学生熟悉生物机能实验的基本操作方法,了解实验的基本程序。实验课中学生可根据自己的情况对难以掌握的操作方法,反复模拟直至达到熟练的程度。改变了过去观看教师示教时,学生围在一起看不清的弊端,提高了学生对实验技能的掌握程度。模拟实验完成后,需要学生对实验或有关理论知识进行分析和总结,这样极大地提高了学生的实验技能和实验的成功率。

## (二) 动物生理学实验教学应注重对学生综合能力的培养

科学实验是一切科学理论的来源,是人类的基本实践活动之一。动物生理学实验课不仅使学生进一步巩固和加深对已学理论知识的理解和掌握,而且还是对学生的科学实验方法、技能、作风等进行培养和训练的主要渠道。同时对学生学习和掌握科学的思维方法,提高他们的科研能力也起着重要的促进作用。

在动物类专业必修课程中,动物生理学是沟通生物学相关学科的重要纽带,是专业知识结构中重要的组成部分,对学生完成专业学习和从事专业技术工作具有十分重要的意义。因此,该课程的教学效果对学生掌握和了解本专业基础理论和技术起着关键性的作用。其中动物生理学实验课教学是不可或缺的重要环节。实验教学的优势是让学生从活生生的、丰富多彩的生命现象中认识、理解和探索生命现象的本质,培养学生对真理和知识永无止境的探求精神。动物生理学实验教学应从以下几个方面加强对学生综合能力的培养。

1. 提高学生爱护实验动物的意识,更好地发挥实验动物的作用 回顾生物学发展的历史不难发现,许多具有里程碑意义的研究成果都与动物实验密切相关。如17世纪,英国医生 Harvey 通

过一系列的动物实验发现了血液循环,阐明了心脏的作用和功能。他的这一成就对于生理学的发展起到了极大的促进作用。可以这样说,自 Harvey 利用活体动物解剖发现血液循环,进而把生理学确定为一门科学开始,到 19 世纪认识糖尿病的本质,20 世纪抗生素及磺胺药物的发明,单克隆抗体的发明及体细胞克隆成功,再到目前正在进行的对内科病、传染病及外科疾病等的发病、治疗与痊愈的机制,及其生理、生化、病理、免疫等各方面的机制研究都是经过动物实验加以阐明或证实的。所以说实验动物是生命科学发展的基础和条件,没有实验动物,生命科学就无法进展。因此,实验动物是人类的“替道者”。从道义情感上我们应尊重和爱惜实验动物。如果漫无科学目的或者反复盲目地进行动物实验,就会给动物的身体造成伤害和痛苦,故应尽可能地减少活体动物实验,着力寻求代替动物实验的新方法。对必须进行的动物实验要将实验动物的痛苦减少到最低程度。在动物生理学实验教学过程中,培养学生做一个有道德、有文明、有爱心的人。从另外一个角度看,当动物遭受虐待、创伤或粗暴对待等意外刺激时,其内分泌系统、循环系统和机体代谢等都与正常生活时不同,这样不但不能保证实验结果的准确性和科学性,同时手术还会给实验动物带来巨大的痛苦。

2. 保留经典实验,培养学生基本技能和规范操作能力 基本技能和规范操作能力是指顺利完成各种操作活动所必备的基本素质。就是我们通常所说的动手能力。它在培养学生能力方面显得尤为重要。因此,在实验教学大纲中应对动物生理学实验内容进行优化重组,保留一些经典的实验内容,最大限度地涵盖动物生理学实验中最基本的操作技能。如开设离体小肠平滑肌生理特性的观察、胰岛素和肾上腺素对血糖的影响、去小脑动物的观察、坐骨神经-腓肠肌标本的制备、刺激与骨骼肌收缩的关系、神经干动作电位的传导实验等,其目的是通过重温经典实验,验证并加深对已学理论知识的理解,形成“理论源于实践”的科学理念,培养观察、分析和解决问题的能力,尤其是对学生动手能力的培养,切实加强对学生基本技能和规范操作能力的训练,使学生很快掌握动物生理学实验的基本设计原理与规范操作方法、常用仪器的操作步骤、常用手术技术和注意事项,以及生物信号采集系统的使用方法等。熟悉常用动物的捉拿、给药、麻醉方法、实验结果的记录及收集、实验数据的整理及分析等。上述操作技能是完成动物生理实验课所必须具备的基本功,为其后的综合性和设计性实验做好技术贮备,同时也为后续的专业课学习奠定良好的实验基础。

3. 加强实验预习,培养学生自学能力 动物生理学实验能否顺利进行,实验能否成功,能否达到实验预期目的,课前预习是关键环节。学生通过认真的课前预习,可以达到对实验目的和原理清楚认识、对实验预期结果有较深刻理解的目的。使学生在实验中能有目的地去观察操作,有效地避免实验中的盲目性。对于实验中出现的问題,学生能够及时发现、纠正和解决,这样不仅可以提高实验效率,而且能使学生发现和提出问题,在预习中使学生能够独立获得知识,变被动为主动,从而获得较好的实验效果。

4. 注重培养学生的观察记录和分析能力 动物生理学实验是动物类专业学生最早接触动物的实验课之一。学生观察分析能力的及时培养和定位,对他们今后的专业课学习至关重要。由于实验教学不同于理论教学,其主要目的是培养学生的操作技能及观察、分析和解决问题的能力。因此,树立严谨的科学态度,正确观察和记录实验结果,是培养学生观察能力的一个重要环节。

在动物生理学实验过程中,动物机体的生理活动是一个极其复杂的过程,要了解和掌握其生理功能,就必须使学生树立正确的认识观,尊重实验结果的客观存在。在实验过程中无论是否获得预期的实验结果,都要如实进行详细记录。如果只看到预期的结果,就有可能错过预料之外的现象,因为非预期的结果往往有利于促进学生思考、探寻原因和发现问题,更有利于培养学生的

观察问题和分析问题的能力。在分析结果时,由于大多数的生理实验是在活体动物上进行的,动物麻醉后失去了保持内环境稳态的能力,这就要求学生在操作中仔细观察动物的生理状态,如脱水、失血、体温下降、呼吸紊乱、缺氧和休克等现象,以保证动物具备实验所要求的基本条件。实验过程中老师应培养学生良好的观察习惯,同时在实验中强调关键环节,指出可能出现的问题及解决方法,力求启发学生发挥主观能动性。如发生实验失败和动物死亡等情况,实验后应认真分析原因,及时总结经验教训等。

学生的观察能力是其掌握知识的必要条件,观察可以发现事物的特征变化。观察不仅仅是看到,还应将思维过程融入其中。同时学生要明确实验目的,对实验中观察到的现象和记录的事实进行综合分析,使学生养成良好的分析问题的能力。只有深入细致的观察,才能使学生对所学知识有更深刻的理解,进而激发他们的学习热情,使教与学取得实效。

5. 增设综合性实验,提高学生综合分析问题的能力 综合性实验的目的主要是培养学生的综合能力,使学生对专业理论知识和实验技能的掌握得到全面提高。目前,动物生理学实验教学中存在的主要问题是单一性和验证性实验过多,而综合性和设计性实验过少。究其原因是理论教学主要以系统为单位独立地进行授课,导致实验教学不得不与之相辅相成,这样就在实验教学中造成了一个实验项目仅从属于单一的知识点,忽略知识点间的联系。这种教学模式尽管便于学生对相应知识点的理解,但并不利于培养学生的综合分析能力。由于动物体是一个统一的整体,一个系统的变化,必然影响到机体其他系统的功能。这就要求在实验教学过程中应以某一实验内容为主线,将与之相关的知识点,甚至是相关学科的有关内容或知识相互交叉、相互渗透、融会贯通,形成知识的连贯性。通过开展综合性实验,将相互联系的两个或多个系统的实验整合在一起,使学生对各因素之间的相互作用进行综合观察。如设计泌尿系统-循环系统综合实验,即在用家兔做心血管活动的神经-体液调节实验的同时,插好膀胱插管,静脉分别注射去甲肾上腺素、乙酰胆碱和电刺激迷走神经后,同时观察影响尿生成的因素、血压和心肌收缩的变化,并要求学生解释实验现象间的内在联系。多系统、多指标综合实验的开设主要是为了提高学生综合分析问题的能力。多指标的观察最明显的优势就是能将几个系统、器官的活动同时显示出来,使学生分析某一因素对系统和(或)器官活动影响时能从多个角度进行思考,这对强化学生的实验技能、提高综合运用知识的能力和启迪创新意识大有裨益。增设综合性实验还有利于学生在积极参与中充分发挥主体作用,处于不断探索的情境中,即激发学生创新灵感,开发学生创新潜能,拓宽学生的知识视野,唤起学生探索的欲望,增加学生的动手机会。综合性实验更有利于学生由知识型向能力型、由模仿型向创新型、由单一型向综合型的转变。

6. 自主设计实验,注重学生科研素质的培养 经典的验证性和综合性实验教学,使学生已经掌握了动物生理学实验的基本设计原理及实验技能。在此基础上,应该将实验设计引入实验教学过程中,以弥补传统实验的不足。

实践证明,让学生通过自主设计实验,系统地完成实验的选题、论证、操作、结果分析和总结等诸多环节,使学生对动物生理学的科研过程有一个初步的了解,在实验教学中培养了学生严谨的科研素质(设计实验方法详见第十七章)。

7. 培养学生独立思考和解决问题的能力 动物体的生理功能既有功能活动的一般规律,又有各个组织器官的特殊反应;既有该种动物的共同特点,又有各动物间的种间差异。除了神经系统和内分泌系统对各个系统、器官、组织、细胞的调控作用外,还有被控制系统的正、负反馈的调节作用。因此,在实验中,动物机体由于实验条件、动物功能状态及个体差异等导致同一实验因素所引起的各个反应并不完全一样,常常造成实验出现非预期的结果甚至失败。而对非预期结果

和失败原因的分析是培养学生独立思考和解决问题能力的极佳机会。

例如,蛙心灌流实验是通过改变灌流液的理化特性来观察其对心脏功能的影响。该实验可以使学生掌握内环境相对恒定对维持心脏正常节律性活动的重要作用,加深对神经递质、受体、受体阻断剂等概念的理解。上述例子说明,动物生理学实验不仅要使学生掌握生理活动的基本规律,使感性认识理性化,深化对理论知识的理解,而且还具有启发学生的智慧,培养他们科学思维能力的双重功效。在教学过程中思维方式的培养要比新知识的传授更为重要,教师应着重培养学生的科学思维方法,充分发挥学生的主观能动性,引导学生去认识科学规律,解决实际问题。

8. 培养学生团队合作精神和协作能力 动物生理学实验是以小组为单位的集体行为。在实验过程中的理解、沟通、配合和协作是决定实验成败的关键因素之一。通过实验向学生传输团队合作精神和协作意识是未来科技工作者必备的基本素质。

9. 培养学生抗挫折的能力 由于动物生理学的实验对象是动物机体,所以,影响实验效果的因素很多。若实验取得预期的效果,固然是件好事。若实验结果与预期结果不符或实验操作失败,学生要能够对其原因作出正确的分析和解释,从中学会正确的操作方法。通过引导学生分析实验步骤,讨论实验细节和改进实验操作技能等,培养学生形成锲而不舍和实事求是的工作作风。

总之,实验课教学在培养学生能力方面有着举足轻重的作用,因此,强化实验教学,注重能力培养是动物生理学实验课的教学内容之一。在实验教学过程中应打破传统教学模式的桎梏,按照“验证性实验、综合性实验、设计性实验”的安排顺序,循序渐进地开展实验,使学生在熟练掌握基本理论和基本实验技术的基础上,提高他们的综合能力,使动物生理学实验教学真正成为培养学生能力的重要途径,为后续课程的开展打下坚实的基础。

(金天明)

### 一、系统概述

BL-420 生物功能实验系统是以计算机为基础的 4 通道生物信号采集与处理系统，包括 BL-420A、BL-420F (图 2-1 (a))、BL-420S (图 2-1 (b)) 3 种型号的产品。

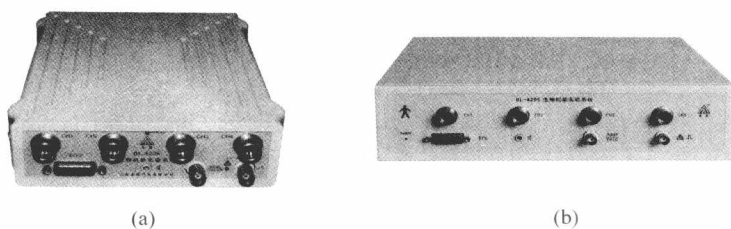


图 2-1 BL-420 生物功能实验系统  
(a) BL-420F 系统；(b) BL-420S 系统

该系统主要用于观察生物体内或离体器官中探测到的生物电信号以及张力、压力、呼吸等生物非电信号的波形，从而对生物机体在不同的生理或药理实验条件下所发生的功能变化加以记录与分析，是研究各种生物功能活动的主要设备和手段之一，用于大、中专医学院校，科研单位进行动物的生理、药理和病理生理等实验，并可完成实验数据的分析及打印工作。

BL-420 生物功能实验系统完全替代了传统的生理实验设备，包括：生物电前置放大器、示波器、二/四道生理记录仪、刺激器、监听器等。该系统不仅包含上述所有仪器的功能，而且比这些仪器的组合具有更为强大的性能，同时增加了数据记录和分析的功能等。

### 二、系统性能指标

系统性能指标见表 2-1。

### 三、原理

由于生物信号种类繁多，信号的强弱不一（有些生物电信号非常微弱，比如兔减压神经放电），频率混叠（由于在生物信号中夹杂有众多声、光、电等干扰信号，比如电网的 50Hz 信号，这些干扰信号的幅度往往比生物电信号本身的强度还要大，如果不将这些干扰信号滤除掉，那么可能会因为过大的干扰信号致使有用的生物功能信号本身无法观察），因此，信号采集前往往需要放大和滤波处理。

生物功能实验系统的基本原理：首先将原始的生物功能信号，包括生物电信号和通过传感器引入的生物非电信号进行放大和滤波等处理，然后对处理的信号通过模数转换，进行数字化并将数字化后的生物功能信号传输到计算机内部，计算机则通过专用的生物功能实验系统软件接收从生物信号放大和采集硬件传入的数字信号，然后对这些接收到的信号进行实时处理（图 2-2，图 2-3）。另外，该系统软件也可以接收使用者的指令向实验动物发出刺激信号。



表 2-1 系统性能指标

参数	BL-420A	BL-420F	BL-420S 科研型
	放大器		
连接	USB 接口, USB 供电		USB 接口
通道数	4	4	4
方式	可内置、外置	可内置、外置	外置式
隔离	无	无	整机隔离
最高采样率	100kHz	1000kHz	1000kHz
最低采样率	1Hz	0.01Hz	0.01Hz
A/D 转换精度	16 位	16 位	16 位
增益	2~50 000 倍	2~50 000 倍	2~50 000 倍
滤波器类型	四阶巴特沃斯	五阶贝塞尔	五阶贝塞尔
低通滤波	1Hz、2Hz、5Hz、10Hz、20Hz、50Hz、100Hz、200Hz、500Hz、1kHz、2kHz、5kHz、10kHz、20kHz、30kHz		
时间常数	DC、3s、1s、0.3s、0.1s、0.05s、0.02s、0.01s、0.005s、0.002s、0.001s		
共模抑制比	>80dB	>100dB	>120dB
信噪比	>60dB	>80dB	>80dB
监听、计滴	有	有	有
12 导联心电图选择电	无	有 (1 通道)	有 (所有通道)
	刺激器		
光电隔离	是	是	是
恒流恒压	是	是	是
电压幅度	0~100V	0~100V	0~100V
电压步长	5mV	5mV	1mV
输出电流	0~10mA	0~20mA	0~20mA
波宽	0.05~200ms	0.05~2000ms	0.05~2000ms
	软件		
系统级联	2~4 设备	2~4 设备	2~4 设备
虚拟通道	有	有	有

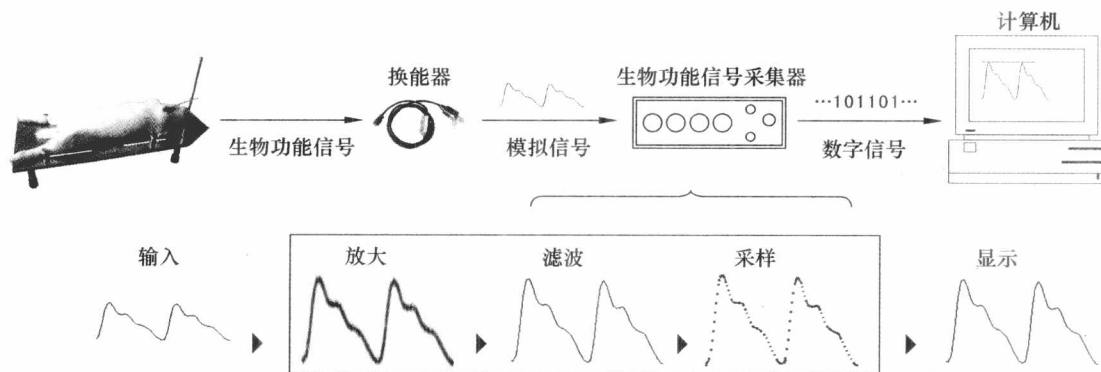


图 2-2 生物信号转换原理图