

国家级药理学实验教学（示范）中心实验系列教材

# 人体解剖生理学 实验教程

主 编 祝慧凤  
副主编 万 东 俸 珊

Experiment Course on Human Anatomy  
and Physiology



科学出版社

国家级药理学实验教学(示范)中心实验系列教材

# 人体解剖生理学实验教程

主 编 祝慧凤

副主编 万 东 俸 珊

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书包括六部分内容：①人体解剖生理学实验常用实验仪器、手术器械和基本操作以及实验动物的基本知识和福利、伦理知识。②解剖学重点介绍人体体表标志及其临床意义；小鼠解剖及重要器官的认识；图文并茂，是本书特色之一；增加了人体器官组织切片的显微观察。③生理学实验，包括人体生理和动物生理学实验，涉及解剖、生理、药理和机能学实验。④脑缺血模型制作以及脑病理观察常用的实验操作技术。⑤探索性综合实验整合解剖、生理及药理的理论知识，为学生提供实验设计思路，由学生自行查找文献，设计具体的研究方案来证明所提出的假说。⑥石蜡切片、冷冻切片的相关知识和常用实验液体配制及小动物的生理参数，以备学生设计并完成实验时参考。

本书可作为医学、药学、生物学、化工与制药、中药学、护理学等专业以及成教学生选用，也可供研究生参考阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

人体解剖生理学实验教程 / 祝慧凤主编. —北京: 科学出版社, 2015.9

国家级药学实验教学(示范)中心实验系列教材  
ISBN 978-7-03-045849-0

I. ①人… II. ①祝… III. ①人体解剖学-人体生理学-实验-教材 IV. ①R324-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 230355 号

责任编辑: 杨 岭 华宗琪 / 责任校对: 葛茂香 贺江艳  
责任印制: 余少力 / 封面设计: 墨创文化

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2015年10月第一版 开本: 787×1092 1/16

2015年10月第一次印刷 印张: 16 1/2 插页: 8面

字数: 400千字

定价: 52.00元

西南大学 国家级药学实验教学（示范）中心  
国家级药学虚拟仿真实验教学中心

实验系列教材编委会

主任	黄承志			
副主任	陈章宝	胡昌华	罗永煌	
委员	黄承志	陈章宝	胡昌华	罗永煌
	付爱玲	邹祥	陈敏	袁吕江
	邓君	刘艳飞	刘伟	杨星钢
	廖国建	祝慧凤		

《人体解剖生理学实验教程》编委会

主编	祝慧凤	
副主编	万东	俸珊
编委	(按姓氏汉语拼音为序)	
	俸珊	(西南大学药学院中医药学院)
	林兰	(重庆人文科技学院护理学院)
	刘锐	(昆明医科大学基础医学院)
	万东	(重庆医科大学附属第一医院)
	王涛	(重庆华邦制药股份有限公司)
	杨鲜	(第三军医大学西南医院)
	赵林	(重庆医科大学附属第一医院)
	祝慧凤	(西南大学药学院中医药学院)

## 总 序

创新是以新思维、新发明和新描述为特征的一种概念化过程,创新是一个民族发展的灵魂,是一个民族进步的不竭动力,提高自主创新能力,建设创新型国家,是国家发展战略的核心,是提高综合国力的关键,创新更是引领发展的第一动力。因此,培养大学生创新能力是 21 世纪高等教育适应经济社会发展需要,是提高人才培养质量的必然要求,但这也是目前高校人才培养中普遍存在的薄弱环节。实验教学是理论教学的一种延续,既能让学生对课堂上所学知识进行消化和吸收,又能有效地训练学生的实验技能,培养学生的观察能力、实践能力、创新能力、创新精神和科学素养。因此,实验教学作为教学活动的有机组成部分,是培养高素质创新型人才的重要教学环节,其地位无可替代。实验教材则是体现实验内容、教学方法和人才培养思想的载体,是培养高素质创新型人才的重要保证。因此,强化以培养创新能力为目标的实验教材建设,对改革实验教学体系、提高实验教学质量、实现人才培养目标具有重大的作用。

为了加强大学生实践能力和创新能力的培养,西南大学国家级药学实验教学(示范)中心在教学实践中坚持“以学生为本,将知识传授、能力培养和素质提高贯穿于实验教学始终”的指导思想,秉持“实践创新,能力至上”的实验教学理念,按照“能力培养,虚实结合、从基础到专业,从认知训练到创新应用,从学校到社会”的原则建立和完善实验教学体系。中心结合多年开展实践教学的有益经验和实验教学体系,组织长期从事本科实践教学的教师编写本套实验教材,旨在与国内药学领域的专家和兄弟院校交流,分享中心取得的点滴经验和成果,也为药学类专业的实践教学和人才培养提供实践教学指导。为了进一步促进大学生实践创新能力的培养,我们推出了本套药学创新实验系列教材。教材按照实验的基本要求、验证性实验、综合性实验、设计性实验和虚拟仿真实验等层次进行编写。

西南大学国家级药学实验教学(示范)中心(<http://etcp.swu.edu.cn/>)由真实实验教学和虚拟仿真实验教学组成,是西南大学开展药学类专业及相关专业人才培养、科研服务和文化遗产的核心平台之一,她承担着西南大学药学类及相关专业的实验教学及研究任务,并面向社会开放,承担着全国高校、院所和企业的实验技能培训、大学生夏令营和冬令营的实验教学工作。中心自 2003 年开始建设以来,不断整合校内药学类相关实验教学资源进行建设,于 2007 年成为西南大学校级药学实验教学示范中心,2009 年成为重庆市市级药学实验教学示范中心,2012 年经教育部批准为“十二五”国家级药学实验教学(示范)中心。作为实验教学的一个重要补充,西南大学国家级药学虚拟仿真实验教学中心(<http://yxxf.swu.edu.cn/>)于 2014 年被教育部批准为全国首批 100 个虚拟仿真实验教学中心之一,也是全国首批 3 个药学/中药学虚拟仿真实验教学中心之一。

西南大学实验教学的发展得到了国内外各兄弟院校和同仁的支持与帮助，在此向他们表达诚挚的谢意。同时，也希望在各方的支持与帮助下，中心的实践教学得到更好的发展。

药学创新实验教材编委会

2015年2月于重庆北碚

# 前 言

人体解剖生理学是一门实验性非常强的医学、药学基础学科，人体解剖生理学实验是人体解剖生理学教学的重要内容。开设人体解剖生理学实验有利于巩固学生所学的理论知识，有助于训练学生的基本操作技能，培养学生严肃的科学态度与严谨的工作作风；更重要的是培养学生分析问题和解决问题的能力，为以后从事医学、药学相关工作奠定基础。编者结合药学专业的实际情况编写了《人体解剖生理学实验》教材，供药学专业、中药学专业、生物制药专业、化工与制药专业、护理专业以及成教学生选择使用，也可供研究生参考。

本书的内容包括六部分。第一，介绍人体解剖生理学实验基础知识，包括常用实验仪器、手术器械和基本操作及实验动物的基本知识，尤其重视对实验动物的福利和伦理知识的介绍。第二，解剖学内容，该部分重点介绍人体体表标志，图文并茂，使学生易于寻找并了解其临床意义；小鼠解剖及重要器官的认识；在此基础上增加了人体器官组织切片的显微观察实验。第三，生理学实验，包括人体生理和动物生理学实验，涉及解剖、生理、药理和机能学实验。第四，介绍脑缺血模型制作及脑病理观察常用的实验操作技术。第五，探索性综合实验，该部分整合解剖、生理及药理的理论知识，为学生提供综合性实验的设计思路指导，在此基础上学生自行查找文献，设计具体的研究方案来证明所提出的实验假说，涉及多学科知识，如解剖、生理、药理、中药学等。第六，介绍石蜡切片、冷冻切片的相关知识和常用实验液体配制及小动物的生理参数，以备学生设计并完成实验时参考。

本书的内容和特点：①通过感觉器官感知的人体体表标志来介绍人体解剖学，并适当介绍其临床运用，对于没有系统学习过人体解剖学的药学学生来讲，更具体、更直观；②小鼠是药学研究较为理想的实验对象，本教材对小鼠的解剖也作了相应介绍，有利于初学者认识和掌握小鼠的器官与结构，对于提高学生基础科研能力非常必要；③针对动物生理实验，编者制作了简单、精美的实验技术路线图，执简驭繁，便于学生学习、掌握关键点及记忆和操作；④综合探索实验主要为学生提供综合性实验的设计思路指导，在此基础上学生通过所学的解剖、生理及药理知识，自行查找文献，设计具体的研究方案来证明所提出的实验假说，以培养和提高学生自主查阅文献获取知识、运用理论进行实验设计和探索的能力，真正达到培养具有创新能力的本科生的教学目标。

由于时间仓促，水平有限，本书还有很多不足之处，请读者提出宝贵意见并反馈给编者，编者将在合适的时候予以更正和更新。

编 者

2015年8月

# 目 录

第一章 人体解剖生理学实验的目的与要求 .....	1
一、实验课的目的 .....	1
二、实验课的基本要求 .....	1
三、实验报告的撰写及注意事项 .....	2
四、实验室规则 .....	2
五、实验的层次和方法 .....	3
第二章 人体解剖生理学实验基础知识 .....	5
第一节 实验动物基本知识 .....	5
一、实验动物的分类方法与选择 .....	5
二、选择实验动物的基本原则 .....	20
三、实验动物的抓取与固定 .....	24
四、实验动物的给药途径与方法 .....	25
五、处死实验动物的方法 .....	31
六、实验动物的福利与伦理 .....	31
第二节 实验动物手术基本操作 .....	34
一、动物外科常用手术器械及材料简介 .....	34
二、动物的麻醉 .....	41
三、外科手术基本操作 .....	43
四、家兔气管切开术 .....	45
五、家兔颈总动脉插管术 .....	46
六、家兔颈外静脉插管术 .....	47
七、家兔股动脉/股静脉置管术 .....	47
第三节 常用生理学实验仪器 .....	48
一、多道生理信号采集处理系统 .....	48
二、动物呼吸机 .....	57
三、颅脑立体定位仪 .....	59
四、BI-2000 微循环图像分析系统 .....	60
五、MP-200 微电极控制器 .....	61
六、小鼠自主活动实验仪 .....	62
七、水迷宫 .....	62
八、八臂迷宫 .....	64
九、Y形迷宫及其视频跟踪分析系统 .....	65
十、HW-200S 恒温平滑肌槽 .....	66
十一、智能热板仪 .....	67



十二、足趾容积测量仪 .....	68
十三、疲劳转棒仪 .....	69
十四、GL-2 离体心脏灌流系统 .....	70
十五、其他常用实验装置和器械 .....	71
<b>第三章 解剖学实验 .....</b>	<b>78</b>
第一节 人体系统解剖观察及体表标志 .....	78
第二节 小鼠系统解剖观察 .....	88
第三节 人体正常组织切片标本的显微观察 .....	95
实验一 生物显微镜的构造和使用 .....	95
实验二 血涂片的显微镜观察 .....	100
实验三 上皮组织的显微镜观察 .....	101
实验四 肌组织的显微镜观察 .....	102
实验五 其他组织切片的显微镜观察 .....	103
第四节 家兔颈部解剖和小鼠解剖 .....	105
实验六 家兔颈部解剖 .....	105
实验七 小鼠系统解剖 .....	107
实验八 小动物铸型标本的制作 .....	109
<b>第四章 生理学实验 .....</b>	<b>115</b>
第一节 人体生理学实验 .....	115
实验一 人体体温、脉搏、呼吸的测定 .....	115
实验二 人体动脉血压测定 .....	116
实验三 人体心音听诊 .....	120
实验四 人体心电图的描记及分析 .....	121
实验五 人体 ABO 血型鉴定与交叉配血 .....	123
实验六 血涂片的制备和细胞大小的测量 .....	126
实验七 出、凝血时间的测定及其影响因素 .....	129
实验八 视敏度、视野和生理性盲点的测定 .....	130
实验九 近反射及瞳孔对光反射 .....	132
实验十 听力测定——骨导和气导的测定 .....	133
第二节 动物生理学实验 .....	138
实验十一 蛙神经肌肉标本的制作 .....	138
实验十二 肌肉的收缩特征 .....	141
实验十三 负荷对肌肉收缩的影响 .....	143
实验十四 神经干动作电位的记录 .....	146
实验十五 蛙坐骨神经干不应期的测定 .....	149
实验十六 红细胞渗透脆性实验——浓度梯度法 .....	150
实验十七 网织红细胞实验 .....	153
实验十八 红细胞、白细胞计数 .....	156
实验十九 蛙心起搏点的观察 .....	158

实验二十	理化因素对离体蛙心活动的影响	161
实验二十一	期前收缩与代偿间歇	164
实验二十二	前、后负荷对心排血量的影响	166
实验二十三	心室肌细胞动作电位的记录	168
实验二十四	心血管活动的神经-体液调节	170
实验二十五	呼吸中枢的定位实验	174
实验二十六	胸内负压的测定和开放性气胸的观察	177
实验二十七	呼吸运动的调节	180
实验二十八	蛙肠系膜微循环的观察	182
实验二十九	家兔胃肠运动的观察及影响因素	184
实验三十	消化道平滑肌的生理特性	186
实验三十一	动物一侧迷路破坏的效应	189
实验三十二	影响尿生成的因素	191
实验三十三	小鼠生殖周期的测定	194
实验三十四	肾上腺切除对小鼠应激反应的影响	196
实验三十五	小鼠小脑毁损观察小脑功能	198
实验三十六	去大脑僵直效应观察	200
实验三十七	蛙腓肠肌标本的制作及神经传导	202
实验三十八	反射弧分析及搔爬反射的观察	205
<b>第五章</b>	<b>脑缺血模型及神经行为学评价</b>	<b>208</b>
实验一	脑血管的观察(大脑中动脉)	208
实验二	线栓法制作脑缺血再灌注模型	209
实验三	电凝法制作永久性脑缺血模型	211
实验四	灌注取材	213
实验五	HE染色	214
实验六	尼氏染色	216
实验七	TTC染色	217
实验八	脑神经血管单元空间构筑——明胶墨汁灌注+尼氏染色+GFAP染色法	219
实验九	神经行为学评价	221
<b>第六章</b>	<b>探索性综合实验</b>	<b>226</b>
实验一	利用所学生理学“下丘脑-垂体-肾上腺轴”负反馈调节的知识,设计实验证明临床长期使用地塞米松不能突然停药的原因	226
实验二	迷走神经系统对炎症的调控	226
实验三	抑郁症的动物模型研究及药物的治疗作用	227
实验四	五味子提取物对小鼠癫痫模型影响的研究	227
实验五	药物对酒精性肝损伤的保护作用	228
实验六	坐骨神经损伤对腓肠肌收缩的影响以及药物的防治作用	228
实验七	地黄梓醇鼻腔给药对脑部疾病的防治作用	229

实验八	设计实验证明中医补气、补血及气血双补方剂治疗贫血的差异 .....	229
实验九	比较不同感冒药(中药-西药)对中枢神经系统的影响 .....	230
实验十	秦艽对小鼠急性关节肿胀的影响 .....	230
实验十一	五苓散对家兔尿量的影响 .....	231
实验十二	中药注射剂柴胡注射液溶血性检查试验 .....	231
实验十三	家兔胆汁分泌的调节及茵陈蒿汤和赤芍的利胆作用 .....	231
实验十四	剪尾所致的创伤刺激、肾上腺素和地塞米松对小鼠应激能力的 影响 .....	232
实验十五	设计实验证明神经末梢通过释放递质发挥对效应器的作用 .....	232
<b>第七章</b>	<b>常用液体的配制、切片技术和生理参数 .....</b>	<b>233</b>
一、	常用液体的配置 .....	233
二、	石蜡切片的制作 .....	238
三、	冷冻切片及 HE 染色 .....	245
四、	石蜡切片与冷冻切片的比较 .....	246
五、	常用实验动物生理指标参数 .....	248
<b>彩色图版</b>	.....	<b>250</b>

# 第一章 人体解剖生理学实验的目的与要求

## 一、实验课的目的

人体解剖生理学实验课包括两方面的内容：一是正常器官组织的大体解剖和显微形态观察；二是生理学的基本实验。解剖学和生理学实验又分别包括人体实验和动物实验。

人体解剖生理学实验课旨在通过有关基础理论学习、实验仪器和器械的使用、实验设计、实验操作、实验结果记录与分析、实验报告书写以及实验过程中的团结合作，达到如下目的。

- (1)培养学生理论来自实践，实践升华理论，理论指导实践的科学观点。
- (2)培养学生善思考、敏观察、会动手、准表达及巧创新的能力。
- (3)培养学生对实验研究的兴趣，初步养成对科学工作的严肃态度、严格要求、严密思维、团结合作及实事求是的作风。
- (4)使学生初步掌握解剖生理学实验研究的基本方法和实验操作的基本技能，在药学科研设计及论文写作能力方面得到初步训练，为学生进行科学研究工作及药学实践奠定基础。
- (5)使学生加深对有关课程理论的理解，提高其对所学知识综合运用能力。

## 二、实验课的基本要求

### (一)课前

- (1)预习实验教材，明确实验目的、方法、步骤和注意事项，充分了解实验意义。
- (2)设计好实验原始记录的表格，如遇讨论课则应事先写好发言稿。
- (3)结合实验教材，认真复习有关理论。
- (4)检查实验器材和药品是否齐、全、完好。

### (二)课中

- (1)严格遵守实验室规则，保持安静和良好的课堂秩序，尊重指导老师。
- (2)小组成员既要明确分工，又要注意团结合作，提高实验的成功率，使每个同学都能得到应有的技能训练。
- (3)实验过程应按照实验方法和步骤，进行规范和准确的技术操作。
- (4)认真、全面和敏锐地观察实验现象；准确、及时、客观地记录结果。未获得预期结果时，也应如实记录，并分析原因。不得敷衍、马虎和主观臆测。不允许实验后单凭

记忆来描述实验结果。

(5)实验全程要积极主动思考:①取得了什么结果?②为什么会出现这种结果?③这种结果的意义是什么?④出现非预期结果的原因是什么?力求了解每个实验步骤和实验结果的意义。

(6)爱护实验器材,注意节约药品和试剂,关爱动物,尽量减少使用动物的数量,减少对动物造成不必要的损伤。

(7)各组实验器材不得调换混用,力求保持实验台面整洁,做到有条不紊。

(8)注意安全,严防触电、火灾、中毒、腐蚀或被动物咬伤事故的发生;如有,立即报告指导老师,正确、及时处理突发事故。

### (三)课后

(1)按实验器材、药品试剂实验完毕要归位的原则,实验完毕,要求关闭实验仪器及电源,清洁仪器表面。清点实验器材并洗净擦干,交还借用的器械。如有仪器、器械损坏或遗失,要立即报告负责老师。

(2)把实验废弃物品、动物尸体及存活动物分类集中放到指定地点,严禁乱放乱弃。

(3)清洁实验桌(台),摆齐桌(台)面上物品。

(4)安排值日生搞好实验室的清洁卫生,离开实验室前应关好电源、水龙头和门窗。

(5)认真整理、分析实验结果,独立书写实验报告并按时交给负责老师评阅。

## 三、实验报告的撰写及注意事项

(1)实验前必须认真完成实验预习报告,并回答预习思考题,在实验前正确回答实验步骤、方法等才能正式进行实验。

(2)上交实验报告要求必须有原始数据;数据处理结果至少有一组数据为例演示处理过程,得出实验结果,并进行结果讨论。

(3)实验课程小组教师严格批改预习报告及实验报告,预习报告不符合要求不能做实验,每份预习报告上均有教师签字。如有漏项或重大错误,要求重写或者重做实验。

(4)实验结束3天内需完成实验报告,并由学习委员收集上交指导老师。

(5)实验报告须有实验时间、地点、参与人员;实验原理、目的、器材和试剂、操作步骤、实验结果和分析。重点在于实验结果的描述和分析。如出现非预期结果,应该详细分析原因,并写出改进措施。

## 四、实验室规则

实验教学是整个学校教育的重要组成部分,实验室是师生进行教学和科学研究的专门场所。学生进入实验室,应该严格遵守实验室规章制度。

(1)实验前须预习有关内容,明确实验目的、实验步骤和操作方法及注意事项。

(2)必须遵守作息制度,不迟到,不早退,进入实验室,不高声喧哗,按指定位置就

坐,保持室内良好秩序。

(3)实验开始时,应先观察实验器材、试剂的摆放位置,检查实验用品是否齐全,弄清本实验所用仪器的使用方法及所用试剂的性质。

(4)实验时,听从教师和实验员的指导,认真操作,仔细观察并积极思考,实事求是地做好实验记录。

(5)注意安全,严格遵守安全守则,如发现意外事故,及时报告老师。

(6)爱护公共财物,小心使用仪器和实验设备,注意节约水、电和试剂。

(7)培养良好的实验习惯,摆放整齐实验用品。将各种废物放到指定地方,不得随便乱弃,实验完毕应洗净器皿,将实验用品归回原位,擦净桌面,做好实验室清洁卫生。

(8)根据实验原始记录,认真完成实验报告,按时交老师审阅。

(9)实验室内一切物品未经教师许可,不得带出实验室。

(10)实验时如有仪器损坏,及时报告教师,填写《仪器破损记录单》。

## 五、实验的层次和方法

### (一)人体解剖生理学实验的层次

人体解剖生理学实验大致分为三个层次,即整体层次、器官系统层次及细胞分子层次<sup>[1]</sup>。

(1)整体层次:机体的生命活动受到神经、体液的调节及环境(自然环境和社会环境)的影响。整体层次的研究是指在整体水平研究机体各器官、系统的相互关系以及机体与环境之间的相互联系,如巴普洛夫关于消化生理、条件反射的研究。

(2)器官系统层次:在器官系统水平研究各器官、系统生理活动的规律及其影响因素。

(3)细胞分子层次:在细胞及其内含的亚细胞器和物质分子水平,研究细胞的生理特性和构成细胞的亚细胞器形态结构特点,以及构成细胞物质的理化特性,如正常肝细胞结构和酶学特征。

生物机体是一个完整统一的整体,上述三个层次是相对的,而且相互联系。要全面了解某一生理功能机制,必须将上面三个层次结合起来进行研究。

### (二)人体解剖生理学实验的方法

人体解剖生理学实验的方法包括急性实验法和慢性实验法。前者包括离体器官或组织实验法和活体解剖在体实验法<sup>[1]</sup>。

#### 1. 急性实验法

(1)离体器官或组织实验法:将研究的组织或器官从活体动物上取出,置于与生理状态接近的人工环境中进行观察和实验。例如,取出蛙心进行离体灌流,研究生理活性物质或者药物及理化因素对蛙心收缩节律、收缩力的影响;取骨骼肌来研究收缩的特点和

前后负荷对肌肉收缩的影响。

特点：排除了其他因素的干扰，有利于独立研究某一因素或复合因素的作用。但是其不能完全代表或再现正常机体内的真实情况。

(2)在体实验法：通过去大脑或麻醉等方法，在动物存活但缺乏知觉的情况下进行实验。兔肠系膜微循环观察，神经体液及药物对兔血压的调节，迷走神经对消化运动的观察都是在麻醉的情况下进行的。另外，研究脊髓休克观察脊髓和上位脑对四肢运动的控制，破坏小脑观察小脑功能都是属于急性实验法的在体实验。

特点：研究和观察没有脱离机体，但实验条件可以人为控制，可以重复验证实验结果，可以分析其机制。

## 2. 慢性实验法

用健康的动物做慢性实验，动物处于清醒完整状态，在环境保持自然的状态下，研究其生理功能，动物可以长期存活，从而能够长期观察动物的正常生理过程。

随着基础科学和多样化实验技术手段如电镜、激光共聚焦显微镜的发明，解剖生理学实验朝着多学科交叉融合和纵深方向发展。尤其是对药学专业的其他课程如生物化学、药理学、分子生物学技术和手段的运用，各个学科相互促进和分化，有利于药学工作者研究和寻找新药、新剂型，研究药物药理和毒理作用时借鉴和发展。

### (三)实验设计的基本原则<sup>[2]</sup>

(1)对照原则：保证实验组和对照组的非处理因素处于对等状态，以使实验误差达到最小的程度。对照主要有以下几种形式，即空白对照、溶媒对照、阴性对照、阳性对照、标准对照、自身对照等。

(2)随机原则：从总体中任意抽取被研究的样本，以保证抽取时每一个观察单位都有同等的机会，从而减少实验误差和人为因素。

(3)均衡原则：使实验包括组和对照组中的非处理因素均衡一致，突出实验的处理因素，减少非处理因素对结果的影响。

(4)重复原则：重复可消除偶然性造成的误差，样本越多，次数越多，结果越客观真实，误差越小。但在实际中有一定的困难，因此必须对选取的样本数目有一个估计，要增强实验的敏感性来减少样本量。

(祝慧凤 俸珊)

### 参 考 文 献

[1]岳利民,崔慧先.人体解剖生理学(第6版).北京:人民卫生出版社,2013.

[2]杨芳炬.机能实验学.北京:高等教育出版社,2014.

## 第二章 人体解剖生理学实验基础知识

### 第一节 实验动物基本知识

#### 一、实验动物的分类方法与选择

##### (一) 实验动物的分类

根据实验目的不同,对实验动物要求不同,对实验动物作如下的分类。

##### 1. 遗传学控制分类

(1)近交系动物:即一般所说的纯系动物。一般是指采用 20 代以上同胞之内或亲子之间进行交配而培养出来的遗传基因纯化的品系。因传代较为方便而多被采用。近交系内的遗传变异小,其基因纯度在理论上为 99.3%。因其遗传背景基本一致,故具有较为稳定的遗传学特征,个体之间比较均一和相似<sup>[1]</sup>。其主要特征如下所述。

A. 纯合性:近交系的个体实际上所有遗传位点都是纯合的(99.3%)。

B. 同源性:一个近交系的所有成员在遗传上是相同的。其个体可以接受来自相同品系的供体的皮肤和肿瘤的移植。

C. 长期的遗传稳定性:近交系在遗传上几乎长期不变地保持其特征。因此,可以搜集近交系特征有关的遗传背景,运用胚胎冷冻技术排除近交系中由于突变而产生的轻微的遗传变化。

D. 同一性:虽然在一个品系永远不可能获得其全部真实性,但是在近交系中至少可以通过生化多态性研究检验其真实性。Groen 曾用这种方法检查了 53 个近交系,结果发现来自 Zeist 的 CPB-R 株在遗传上可能因出现杂合基因而发生遗传污染<sup>[2]</sup>。

E. 表型均匀性:不少特征,如肿瘤的发生率、形态学及对药物的反应是高度遗传的。由于近交系具有表型均匀的特性,提示对于获得统计学精密水平所需的实验动物数量较少。

F. 独立性:每一近交系有自己独特的一套特征。可以发现每个品系,从行为到对疾病的敏感性或酶的活力范围,实际上都是不同的。因此,在研究过程中,应选择最为适当的一个品系。

G. 国际分布:由于一个近交系的所有个体在遗传上是相同的,其子群也相同。因此,不少近交系可以分布在世界各地,使采用的同一品系动物进行的研究,在各地可以进行比较。近交系的使用大大推动了肿瘤及各种遗传相关疾病的研究,小鼠、大鼠等一些实验动物的近交系的育成明显地促进了生物医学实验研究的发展。



根据近交系的特征,将其主要应用于以下几方面:作为标准的实验材料;用于特殊类型的疾病研究,如涉及可移植肿瘤应用的免疫学研究;作为病理模型,如日本开发的自发性高血压大鼠是实验可能抗高血压药物的良好动物模型;应用于增加遗传性、证明遗传特征之间的相互关系的研究;应用于一品系特征资料的搜集和某一特征遗传方式的研究。截至1980年,近交系小鼠已有250个品系。其中DBA、BALB/C、C3H、C57BL/6、CBA、A、AKR等是最为常用的近交系<sup>[3]</sup>。

(2)突变种纯系动物:是具有特殊突变基因且伴有各种遗传缺陷的,并能在传代中继续保持其遗传基因特性的品系动物。在长期繁殖过程中,动物子代基因突然发生变异,而变异基因位点又可遗传下去,或者即使没有明确的基因位点,经淘汰和选育后,仍能维持其稳定的遗传性状。突变品系的动物已大量应用于临床相关疾病的防治研究中,具有广阔的科研前景,如贫血鼠、糖尿病鼠、高血压鼠(SHR)、无胸腺裸鼠(NU)等。

(3)纯杂种动物:是指无计划随意交配而繁殖的动物,即一般动物室供应的杂种动物。

(4)杂交一代:又称为系统杂交性动物。由于近交系杂交产生的子一代称为杂交一代,简称F1代动物。由于杂合程度一致,个体间特性基本相同,既保持了近交系动物的遗传特点,又获得了杂交优势,具有基因型相同、个体相同、表现型变异低、对照敏感、分布广泛、生命力旺盛、繁殖率高、生长快、体质健壮、抗病力强等优点。杂交一代与近交系动物有类似的实验结果。

(5)封闭群动物:以尽量防止近亲交配而保持其群体遗传的一般性和群体遗传的杂合性为目的,在同一血缘品系内,不以近交方式而进行随机交配繁衍,经五年以上而育成的相对维持同一血缘关系的种群称封闭群动物。国内已大量繁殖封闭群新西兰白兔和青紫蓝兔并成功用于教学及科研实验。

## 2. 微生物学控制方法分类

(1)无菌动物(CV):无论体表或肠道中均无微生物存在,并且体内不含任何抗体。无菌动物系在无菌条件下经人工剖腹手术取出,后又饲养在无菌、恒温、恒湿的条件下,用无菌食品饮料等饲养获得的实验动物。要求在其体表、体内(包括皮肤、皮毛和消化系统、呼吸系统、泌尿系统、生殖系统、血液系统及脑内循环系统等)任何部位均检查不出任何微生物、寄生虫。我国在20世纪70~80年代先后培育成功无菌豚鼠、无菌兔和无菌大鼠。

(2)悉生动物:是给无菌动物引入已知5~17种正常肠道菌丛培育而成的动物。

(3)无特殊病原体动物:又称屏障系统动物。无特殊病原体动物(SPF动物)是通过无菌动物—悉生动物—SPF动物而获得的,是在封闭环境的设施系统中饲养繁殖和进行实验的。这种动物体内不存在特定的病原微生物和寄生虫,但允许携带非特定微生物,即实际上是无传染病的动物。

(4)清洁动物或最低限度疾病动物:该种动物是饲养在设有清洁走廊和不清洁走廊的设施中,其种群均来自剖腹产。清洁级动物指来源于剖腹净化,饲养在半屏蔽环境设施系统中,动物体内外部携带人畜共患的病原体或动物传染病病原体的实验动物。其卫生标