



体育学院通用教材

TI YU YUAN XIAO TONG YONG JIAO CAI

YUNDONG
RENTI
JINENG
SHIYANXUE

黄海 主编
雷志平 王琨 高新友 副主编

实验学

运动
人体
机能

人民体育出版社

运动人体机能实验学

主 编 黄 海

副主编 雷志平 王 琨 高新友

人民体育出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动人体机能实验学/黄海主编. —北京:人民体育出版社, 2006

体育院校通用教材

ISBN 7-5009-3030-5

I. 运… II. 黄… III. 功能(运动生理)-实验-高等学校-教材 IV. G804.21-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第079584号

*

人民体育出版社出版发行
化学工业出版社印刷厂印刷
新华书店经销

*

787×1092 16开本 13.25印张 287千字
2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷
印数:1—6,000册

*

ISBN 7-5009-3030-5/G·2929

定价:18.00元

社址:北京市崇文区体育馆路8号(天坛公园东门)

电话:67151482(发行部) 邮编:100061

传真:67151483 邮购:67143708

(购买本社图书,如遇有缺损页可与发行部联系)

编写委员会

主 编

黄 海

副主编

雷志平 王 琨 高新友

编 者 (按姓氏笔画排序)

马 艳 王 琨 杨建昌

张葆欣 段文杰 姜 涛

袁尽州 高新友 黄 海

强大平 雷志平

前 言

运动人体机能实验学是用实验的方法研究体育运动与人体机能变化规律的方法学科，是在体育生物学科理论和技术基础上构建的新的学科，是一门新的实验课程，它是力求把握体育生物学科最新理论和研究成果，选择的实验内容和技术方法与体育运动的实践紧密结合，能够观察运动作用下人体机能的变化规律，直接为运动实践的科学训练和体育锻炼提供科学依据的应用型课程。改革后的实验课，通过教学培养学生的基本技能、观察问题与分析问题和综合解决问题的能力，开拓学生的知识面，激发学生的创新意识，使学生养成理论联系实际和实事求是的科学态度。

运动人体机能实验学是为学生提供的一本学习实验理论和科研技术方法的教科书。教材及其指导下的实验教学共分三个部分：第一，运动人体机能实验学的基础理论；第二，运动人体机能的基础实验；第三，运动人体机能的综合实验。因此，使用本教材进行教学时，应循序渐进，要结合运用灵活多样的方式。运动人体机能实验不仅是学习实验技术和验证课堂的理论学习教材，而且教材中编写的实验方法和内容，在教学中要求教师阐明实验内容在体育实践中的应用和有关研究方法的最新进展显得更为重要。

在 21 世纪到来之际，我们在全国的体育专业院系率先进行了人体机能实验课的改革，将实验课从原来的运动生理学、运动生物化学、体育测量评价、体育保健学等课程中独立出来，打破了学科课程之间的壁垒，减少了重复的内容，删除了验证性实验，以体育实践中需要的实用性实验内容为主，实验结果能够直接为竞技运动、学校体育、健身运动等体育实践活动提供科学依据的实验技术和方法为中心组织教学，培养学生的动手能力，应用多学科知识综合分析和解决问题的创新能力，这对提高教学质量和学生的素质具有重要的作用。

本教材的编写，由主编黄海教授、副主编雷志平教授、王琨教授和高新友副教授提出了基本构思和编写提纲，由段文杰、杨建昌、袁尽州、强大平、姜涛、马艳、张葆欣等老师组成的编写委员会进行了认真深入的教法研究和课程改革的讨论，在总结多年实验课教学经验的基础上，根据各自的专业特长选择了编写任务，脱稿后进行了多次认真的讨论和校阅，但由于本教材编写的内容和风格新颖，没有同类的教材可供借鉴，加之编写的时间仓促，又限于编者各方面的水平，难免有错误和不妥之处。运动人体机能实验学是正在进行改革的课程，在教学实践中必然会不断完善和提高，敬请读者及时指正和反馈意见。

黄 海

目 录

第一篇 运动人体机能实验学的基础理论

| | |
|--------------------------|--------|
| 第一章 绪 论 | (3) |
| 第二章 运动人体机能实验的目的与方法 | (6) |
| 第一节 运动人体机能实验的目的与要求 | (6) |
| 第二节 运动人体机能实验的基本方法 | (8) |
| 第三章 实验数据的分析与报告的撰写 | (11) |
| 第一节 实验数据的分析 | (11) |
| 第二节 运动人体机能实验报告的撰写 | (16) |
| 第四章 运动人体机能实验常用仪器 | (18) |
| 第一节 运动负荷仪器 | (18) |
| 第二节 心血管功能测试仪器 | (19) |
| 第三节 呼吸与气体代谢测试仪器 | (21) |
| 第四节 运动系统测试仪器 | (22) |
| 第五节 神经感官测试仪器 | (24) |
| 第六节 运动生物化学常用仪器 | (25) |

第二篇 运动人体机能的基础实验

| | |
|-----------------------|--------|
| 第五章 人体形态测量 | (33) |
| 第一节 体格测量 | (33) |
| 第二节 身体姿势的检查 | (39) |
| 第三节 身体成分及骨密度的测量 | (44) |
| 第六章 心血管系统 | (51) |
| 第一节 心率与动脉血压的测试 | (51) |
| 第二节 心电图的测试 | (56) |

| | | |
|-------------|--------------------|---------|
| 第三节 | 心功能的检查 | (59) |
| 第四节 | 超声心动的检查 | (69) |
| 第七章 | 呼吸与气体代谢 | (71) |
| 第一节 | 肺活量、时间肺活量与最大通气量的测定 | (71) |
| 第二节 | 最大摄氧量的直接测定 | (74) |
| 第三节 | 最大摄氧量的间接测定 | (76) |
| 第八章 | 神经系统与感觉机能 | (84) |
| 第一节 | 简单反应时的测定 | (84) |
| 第二节 | 闪光融合率、两点辨别阈的测定 | (85) |
| 第三节 | 视力和视野的测定 | (87) |
| 第九章 | 肌力与肌电 | (90) |
| 第一节 | 三维测力台测试方法 | (90) |
| 第二节 | 等速测力仪测试方法 | (95) |
| 第三节 | 肌电测试方法 | (100) |
| 第十章 | 血液与物质代谢 | (105) |
| 第一节 | 常规血液指标的测定 | (105) |
| 第二节 | 血糖与血脂的测定 | (112) |
| 第三节 | 血乳酸与血尿素氮的测定 | (116) |
| 第四节 | 尿液指标的测定 | (121) |
| 第十一章 | 血清酶与激素 | (124) |
| 第一节 | 血清酶 | (124) |
| 第二节 | 激素 | (132) |

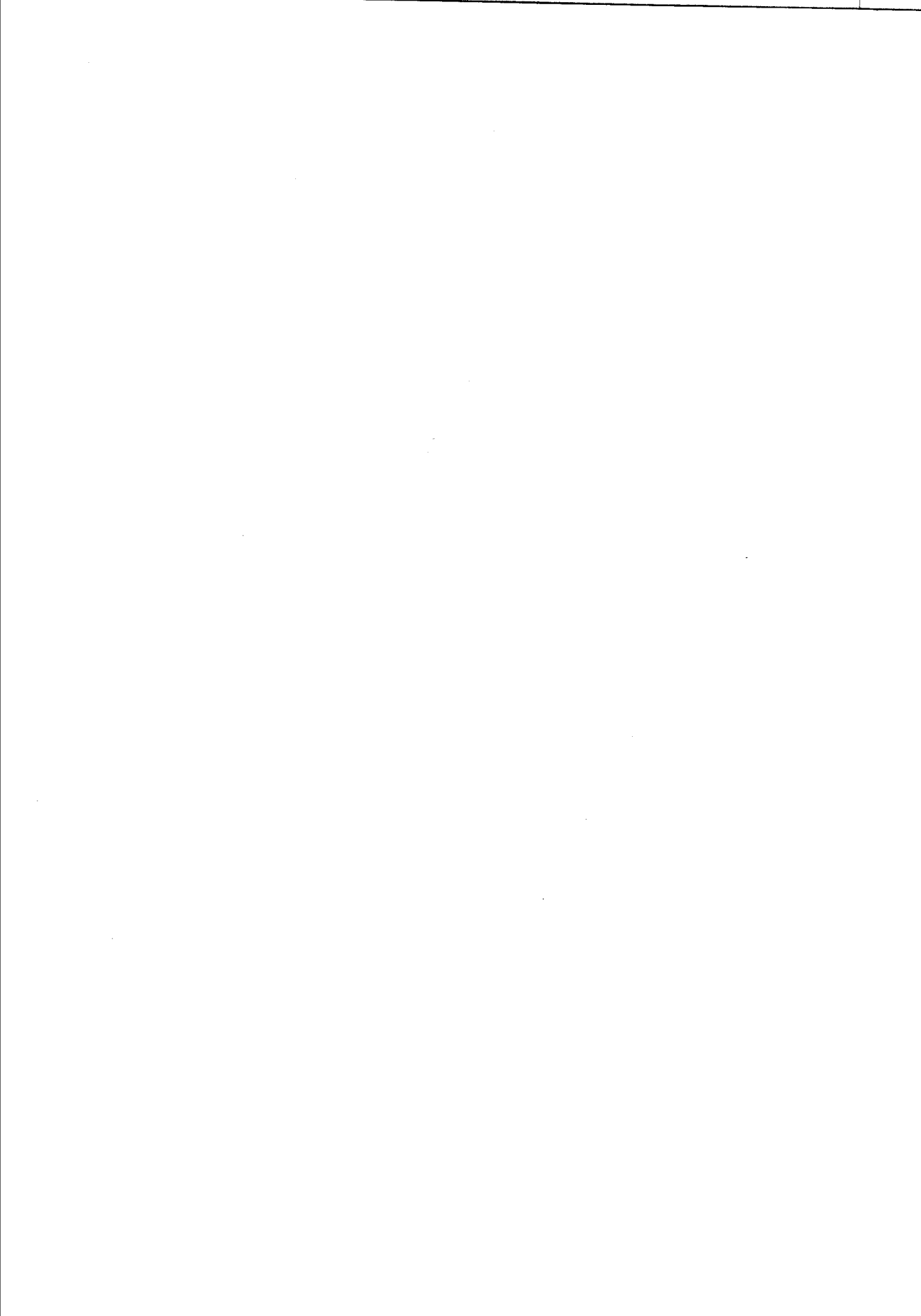
第三篇 运动人体机能的综合实验

| | | |
|-------------|------------------|---------|
| 第十二章 | 代谢能力的综合评定 | (141) |
| 第一节 | 磷酸原供能能力的评定 | (141) |
| 第二节 | 糖酵解供能能力的评定 | (142) |
| 第三节 | 有氧代谢能力的评定 | (145) |
| 第十三章 | 运动负荷的综合评定 | (149) |
| 第一节 | 概述 | (149) |
| 第二节 | 运动负荷的综合评价 | (150) |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 第十四章 运动性疲劳的测量与综合评价 | (164) |
| 第一节 运动性疲劳的概念与机制 | (164) |
| 第二节 通过对神经系统的测定判断疲劳的方法 | (168) |
| 第三节 通过对心血管系统及代谢指标的测定判断疲劳的方法 | (172) |
| 第四节 通过生物电测定判断疲劳的方法 | (176) |
| 第五节 运动性疲劳的负荷试验评定方法 | (177) |
| 第十五章 国民体质测定 | (188) |
| 第一节 体质测量概述 | (188) |
| 第二节 我国国民体质监测对象与指标 | (189) |
| 第十六章 运动人体机能研究的实验设计 | (193) |
| 第一节 探索性实验的选题、设计与实施 | (193) |
| 第二节 探索性实验的分析与总结 | (196) |
| 第三节 探索性实验举例 | (197) |
| 第四节 实验设计的一般原则 | (199) |

第一篇

**运动人体机能
实验学的基础理论**



第一章 绪 论

体育生物类学科是实践性、实用性很强的实验性科学。人们对人体机能的了解有赖于宏观和微观观测技术的发展,是运动人体科学创造和建立新的理论、新的概念、新的练习方法、新的训练手段的基础和前提。体育教育实践表明,运动人体科学的理论教学和实验教学是不可分割的两部分。运动人体机能实验学教学是高等体育专业教育中的重要环节,直接影响专业人才培养目标的实现,尤其是在培养人的科学态度、观察能力、创新意识等综合素质上,具有不可替代的作用,作为一门独立的实验方法学科和课程,是体育专业学生重要的必修课程。

一、运动人体机能实验学的性质、研究内容和任务

运动人体机能实验学是在体育生物学科理论和技术基础上构建的一门研究体育运动作用下人体机能表现规律的综合性实验方法学科,它是根据运动实践的需要,通过实验获得人体机能生物学变化的客观数据资料,根据观测指标数据的变化规律,为科学安排身体运动的内容、时间、负荷等提供客观依据的应用学科。

身体活动引起机体应激反应的生物学指标表现在诸多方面,根据体育实践中应用目的不同,选择敏感性高的生物学指标,设计各种指标的测试方法、技术和控制条件,能够准确地观察到人体机能各指标变化的规律,是运动人体机能实验学研究的主要内容。从狭义的角度说,运动人体机能实验学是借助专门的仪器设备,直接观察运动过程中人体各机能变化规律的科学。但是,由于受到实验技术和条件的限制,许多人体机能的指标在活体无损害状态下很难测试。为了观察运动对机体的影响,就需要建立动物模型。因此,广义的运动人体实验学还包括动物实验,这对于培养研究生的科研能力是十分重要的课程。

运动人体机能实验学的首要任务是建立包含体育生物学科理论和技术的方法学科体系,并用运动人体机能实验学的基本理论和技能指导学生和研究人员的科学研究实践,包括实验设计、技术路线、实验技能和方法、信息收集和整理、数据处理、结果分析和总结、科研论文撰写等科学研究全过程。运动人体机能实验学的特点是通过科学研究的实践活动促进实验教学,教学过程由实验操作、分析观察实验结果和自主实验设计等教学组织形式构成,能使学生身临其境地了解科学研究的过程,从而培养学生独立思考、实践、创新、综合分析和解决问题的能力,培养学生实事求是和理论联系实际的精神。因此,应力求实验教学具有科学性、实用性和先进性。

二、运动人体机能实验学的形成与发展

运动人体机能实验学是一门实验性学科，是随着体育运动实践和生命科学不断进步而发展的。最早古希腊人对人体测量进行了实践，被称为现代医学之父的希波克拉底认为身体对称性和比例与健康有密切关系，艺术家从美学角度创造了许多精美的运动员雕刻作品。1861年美国医学博士爱德华·希契科克首创了对学生进行年周期性的身体形态测量，试图明确人体结构生长发育的理想比例。从那以后，人体形态的测量一直发展到现在，成为研究人类生长发育规律、运动员选材等重要的科学依据。

1880年前后，人们开始对肌肉力量的测试发生了兴趣，萨金特等学者发明了测力计，开始对人的腿力、背力、握力和上肢肌肉力量进行测验。1920年肌肉力量测验受到人们的重视，并开始推广普及，测验结果表明肌肉力量与运动能力高度相关。同时建立了许多力量指数和体质评价标准。今天，实验室里用于测试肌肉力量的仪器设备等有了飞速的发展，成为运动人体机能实验的重要内容。

1890年循环呼吸机能的测试引起了人们的兴趣，克兰普顿创造了“立卧位脉搏血压指数”用以判断人的循环机能状况。1931年塔特尔提出了上下台阶的定量负荷实验，最后发展成为目前广泛使用的哈佛台阶实验。20世纪中叶电生理实验的发展，随后，超微测量技术、电子显微镜、组织化学、同位素技术、细胞分离技术的发明和应用，将人体机能研究从外部的身体形态、肌肉力量、循环呼吸等整体、器官水平推向了细胞水平。分子生物学技术的发展进一步把运动人体机能的研究提高到基因与蛋白质水平，使人们对运动过程人体机能变化规律的认识更加深入和接近本质。实验技术和方法学的创新与突破，成为运动人体机能实验学快速发展的重要标志。实践是检验真理的唯一标准，运动人体机能实验为理论的创立提供了依据，理论的发展又为实验提供了指导，两者相互促进推动了运动人体机能实验学的发展。

运动人体科学的快速发展逐步形成了自己独立的学科体系，支持学科发展的运动人体机能实验学，在利用生物学和医学的实验方法和技术方面，形成了自己的实用性特色，首先是实验取样和分析的微量、快捷、简单易行和准确。另外，机能实验条件控制，除了在人体安静状态进行，更多的是在定量负荷和最大负荷状态下进行。目前运动人体机能实验广泛应用于儿童少年的生长发育和体质研究、竞技运动的运动员选材和机能诊断、大众健身运动中制订运动处方和评定锻炼效果，为竞技训练和健身锻炼提供了科学依据。在基础研究中，实验方法和技术的进步，使研究运动对人体机能的影响也在从器官水平向细胞和分子水平发展。

随着体育科学化水平的不断提高，对体育专业人才指导科学健身和运动训练的综合素质要求也日益提高，运动人体机能实验学将为我们提供专门的理论、方法和技术，对培养学生和科研人员分析问题、解决问题和创新能力具有重要的作用。

思考题：

1. 运动人体机能学研究的主要内容和任务是什么？
2. 论述学习运动人体机能实验学的主要作用。

(黄 海)

第二章 运动人体机能实验的目的与方法

第一节 运动人体机能实验的目的与要求

一、学习运动人体机能实验课程的目的

运动人体科学属于实验科学。运动人体机能实验课程是教学过程的一个重要组成部分，它与理论课同等重要。随着体育科学的发展，体育实践，无论是体育教学、训练，还是健身指导、体育管理，对从业者的实践技能要求越来越高。因此，人体机能实验的目的任务可从以下四个方面认识：

（一）通过实验课的学习和训练，使学生初步掌握人体机能实验的基本方法和仪器操作技术，为以后从事体育实践活动打下基础，如根据所掌握的知识和技能从事人体机能评价、健身指导、训练监控、医务监督和选材等。

（二）使学生通过亲自作实验和详细观察，了解人体各系统、器官的机能水平以及人体对内外环境刺激的反应和适应能力；熟悉不同人群（不同年龄、性别、职业、运动项目等）体能的异同点；进一步验证和巩固运动人体科学的基本理论。

（三）培养学生能够客观地对各种人体机能变化进行观察、比较、分析和综合的能力，以及独立思考解决实际问题的能力。同时，在实验中学习前人优秀的研究思想。

（四）培养学生对待工作的严肃态度、严密的工作方法和实事求是的工作作风。

二、学习运动人体机能实验课程的基本要求

（一）实验前

1. 仔细阅读实验指导，了解实验的目的、要求、步骤、操作程序和注意事项。
2. 结合实验内容复习相关理论知识，做到充分理解，以求提高实验效果。
3. 预测实验各个步骤应得的结果，思考可能的解释。
4. 预测实验中可能出现的问题和误差，预备解决的方案。

（二）实验时

1. 认真听讲，仔细观察教师的演示全过程，尤其是影响实验结果的关键步骤。

2. 实验器材的摆放力求合理、整齐、清洁，有条不紊。
3. 认真按实验步骤操作，不能随意改动，作人体实验时要确认安全无误后才能开始。要注意保护实验样品，节省实验材料和药品。
4. 在做较大型实验时，实验小组内各成员要明确分工、各尽其职、相互配合、统一指挥。小组成员要基本固定，轮流操作，提高效率，尽可能增加每位学生的实习机会。
5. 仔细、耐心地观察实验过程中出现的现象，随时记录并联系理论课内容进行思考。如（1）发生了什么现象？（2）为什么出现这种现象？（3）这种现象有什么机能意义？
6. 若遇到困难，首先要自己想办法解决。实在无法解决时，再求助于老师。
7. 实验结果不理想或失败时，要及时分析原因。条件允许时可重做。
8. 对于示教类实验，主要由于仪器精密，且仪器数量较少，不能满足学生亲自作实验，但其实验意义较大。应与自做实验同等对待。

（三）实验后

1. 将实验用具清洗干净，整理好。如有损坏或短少，应立即报告负责老师。
2. 仔细整理实验记录和资料，作出实验结论。
3. 认真写好实验报告。示教实验或自己做的实验，均应写出实验报告，并按时交给老师评阅。

三、实验室守则

- （一）遵守学习纪律，按时到实验室，不得无故外出和早退。
- （二）必须严肃认真地进行实验，实验期间不许进行与实验无关的活动。
- （三）保持安静，讲话时要低声，以便实验顺利进行。
- （四）各组实验仪器和器材由各组使用，不准随意与别组调换。如遇仪器出现故障，应立即向教师和技术人员报告，以便修理或更换。学生不要自行拆修仪器。
- （五）爱惜公共财物，注意节约。若损坏仪器，应立即向老师报告，根据损坏情况进行赔偿。
- （六）实验完毕后，清点实验器材和用品。清洗实验器具和实验台。棉球、纸屑及废物应放在指定地点，不要随意乱丢。
- （七）各小组轮流打扫实验室卫生。

思考题：

学习运动人体实验课时应做哪些准备工作？

（杨建昌）

第二节 运动人体机能实验的基本方法

一、运动人体机能实验的分类

人体机能学的基本内容是通过实验测试而获取人体各种生理功能变化的实验资料,进而对这些资料进行分析、综合,找出人体机能变化规律。人体机能实验的内容较多,分类较为复杂,大致可以进行如下分类:

根据实验对象,可分为人体实验和动物实验;

根据实验的进程,可分为急性实验和慢性实验;

根据实验观察的水平,可分为整体、器官、细胞、亚细胞、分子水平的实验;

根据人体结构系统,可分为心血管系统实验、呼吸系统实验、肌肉实验、泌尿系统实验、内分泌实验等;

根据人体功能系统,可分为运动系统实验、能量代谢系统实验、有氧能力实验、无氧能力实验、人体机能调节实验、疲劳实验等;

根据人体所处的机能状态,可分为安静状态实验、定量负荷状态实验、最大运动状态实验、疲劳状态实验、恢复状态实验等;

根据身体素质,可分为力量素质实验、速度素质实验、耐力素质实验、灵敏和柔韧实验、平衡能力实验等;

根据学科,可分为运动生理学实验、运动生物化学实验、运动医学实验、运动生物学实验、体育测量学实验等;

根据应用领域,可分为全民健身测试、运动员身体机能测试等;

根据实验的场所,可分为运动现场实验和实验室实验等。

二、常见的动物运动机能实验模型与基本方法

人体机能实验学的基本方法是通过对人体的实验测定而获取人体各种生理功能变化规律的实验资料。但某些实验可能会对人体造成损伤,这就需要利用动物实验进行观察。有些复杂的问题需要通过建立实验模型才能进行详细研究,例如要观察心脏肥大后心脏机能的变化,先要对动物进行长期的耐力训练,建立心脏肥大模型,然后再进行实验观察。实验模型的优点在于使所研究的问题简化,所获得的结果更接近正常机能状态。

应当指出,动物实验虽然是研究生物机能不可缺少的手段,但从中所得到的数据和结论,不能盲目地用于人体,而要作必要的验证、试验。

(一) 建立运动动物模型的原则

1. 相似性原则:即模型尽可能接近人体运动时所形成的形态结构、生理功能、生

化过程、病理变化等。

2. 重复性原则：即建立模型的方法要标准化，使动物模型可以复制。因此，选择的动物、实验方法、使用的仪器和环境因素应力求一致。

3. 实用性原则：即建立模型的方法尽可能经济易行，如灵长类动物与人的相似性最好，但价格昂贵，且受法律限制。如能用小动物复制出类似于人的运动模型，则更为理想。

(二) 运动动物模型举例

运动动物模型种类很多，这里只介绍几种最常用的模型。

1. 运动性疲劳动物模型

(1) 一般疲劳运动模型：让动物进行长时间、间歇性下坡跑运动，速度为 16m/min，坡度为 -16° ，运动 5min，休息 2min，总运动时间为 90min。通过观察动物的表情、逃避反应、跑的姿势、运动能力等指标，确认运动性疲劳模型建成。

(2) 长时间力竭运动模型：让动物进行超长时间持续性下坡跑运动，速度为 16m/min，坡度为 -16° ，总运动时间为 200min，第 100min 运动后，动物休息 5min，然后再进行 100min 运动。其运动强度相当于 60% ~ 70% 最大摄氧量。运动中采用声、光刺激或毛刷机械刺激鼠尾部，使鼠持续运动。连续刺激或休息超过 10min 仍不能维持原强度工作的动物，可视为力竭。

2. 大鼠跑台运动过度训练模型

对大鼠进行为期 8 周的持续大运动量跑台训练，包括一般训练和力竭性训练各 4 周。跑台坡度为 10° ，每周训练 6 天，周日休息。

一般训练的方法为，第 1 周，每天完成 10m/min \times 10min 的跑台运动；第 2 周，每天完成 10m/min \times 10min 跑后，继而加速至 15m/min \times 10min；第 3 周，每天进行 10m/min、15m/min、20m/min 各 10min 的持续跑台跑；第 4 周，每天进行 10m/min、15m/min、20m/min、25m/min 各 10min 的持续跑台跑。

从第 5 周起进行 4 周递增负荷跑台训练。每天以 15m/min、20m/min、25m/min 各 10min 运动后，加速至 30m/min、35m/min 各 20min 运动，并不断递增跑速，直至大鼠力竭。

从第 5 周开始，每天记录动物完成的跑距 (m)，每周一称量所有参试动物的体重。第 5、7、9 周周一分别对动物进行各种测试和采样。

3. 饮食诱导性肥胖动物模型

“自助餐”诱导动物肥胖是制造一种与人类进食相似的动物进食方式，使大鼠肥胖发生过程更接近人类肥胖发生的过程。其方法是同时向实验动物供数种，甚至十余种人类食用的食品，供动物自由选择。以 Baker 的配方为例，其“自助餐”由炸土豆片、奶油巧克力、奶油饼干、腊肠、花生米、爆米花和杏仁等组成。饲用“自助餐”后的大鼠