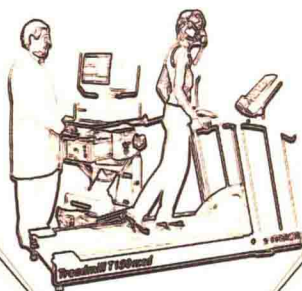


YunDongRenTiKeXueShiYan



运动人体 科学实验

于 淼 刘忆冰 主编



人民体育出版社

运动人体科学实验

于森 刘忆冰 主编

人民体育出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动人体科学实验 / 于森, 刘忆冰主编. - 北京:
人民体育出版社, 2017 (2018.10.重印)

ISBN 978-7-5009-5114-8

I. ①运… II. ①于… ②刘… III. ①人体运动-人
体科学-实验-高等学校-教材 IV. ①G804.62-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 015279 号

*

人民体育出版社出版发行
北京建宏印刷有限公司印刷
新华书店经销

*

787×960 16 开本 15.5 印张 222 千字
2017 年 4 月第 1 版 2018 年 10 月第 4 次印刷

*

ISBN 978-7-5009-5114-8

定价: 65.00 元

社址: 北京市东城区体育馆路 8 号 (天坛公园东门)

电话: 67151482 (发行部) 邮编: 100061

传真: 67151483 邮购: 67118491

网址: www.sportspublish.cn

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与邮购部联系)

编委会名单

主编

于 森 刘忆冰

副主编

刘 娜 何 琳 刘志二

编委

(以姓氏笔画为序)

于 森 邓国君 刘 阳

刘 娜 刘忆冰 刘志二

李天贺 何 琳 崔甲甲

前 言

本书是根据全国普通高校体育类各专业人才培养方案,依据教育部对本科教学水平评估要求,为加强学生素质教育和培养学生实际动手能力,并结合多年的实践教学经验编写而成。全书以高等体育院校统编教材《运动解剖学》《运动生理学》《运动生物化学》《运动生物力学》《运动医学》及《体育保健学》为蓝本,系统地介绍了运动人体科学实验方法。全书分为运动人体科学实验基础知识、验证性实验、综合性实验、创新性和设计性实验、常用动物实验方法与技术五章。

本书可供体育院校本科、专科和函授学生使用,也可供教练员、运动员以及体育工作者参考。本书的基本特点有:

1. 通用性

能适应全国体育院校不同层次运动人体科学学科教学的需要,重点突出。

2. 实用性

所选实验是体育院校实验课中能够反映本学科教学中学生动手能力的经典实验,为学生动手能力提供方便。

3. 代表性

所选实验突出了学科特色、地方特色。

4. 超前性

结合当前体育运动的发展趋势,增加与体育实践密切结合的实验项目,突出综合性、设计性实验,进一步培养学生的实践能力和创新思维。

由于编写时间仓促,水平有限,可能会存在某些问题和错误,希望各位使用者在教学中,不断总结经验,发现问题,提出宝贵意见,以备日后修订。

主编者

2016年8月1日



目 录

第一章 运动人体科学实验基础知识	(1)
第一节 运动人体科学实验课的目的和要求	(1)
一、实验前	(1)
二、实验中	(1)
三、实验后	(2)
第二节 实验结果的整理和实验报告的撰写	(2)
一、实验结果的整理	(2)
二、实验报告的撰写	(3)
第三节 运动人体科学实验常用仪器	(4)
一、检测及验证类实验仪器	(4)
二、理疗及康复评估类仪器	(34)
第二章 验证性实验	(49)
第一节 运动形态学实验	(49)
一、细胞和组织实验	(49)
二、运动系统基本结构实验	(51)
三、上肢骨实验	(53)
四、上肢骨连结实验	(55)
五、下肢骨实验	(56)
六、下肢骨连结实验	(58)
七、中轴骨实验	(60)



八、中轴骨连结实验	(61)
九、上肢肌实验	(62)
十、下肢肌实验	(64)
十一、躯干肌实验	(65)
十二、消化系统实验	(67)
十三、呼吸系统实验	(69)
十四、泌尿系统实验	(71)
十五、心脏实验	(73)
十六、体循环动脉实验	(75)
十七、视器实验	(77)
十八、前庭蜗器实验	(79)
十九、人体一维重心测量	(81)
二十、测定人体局部肢体重心	(81)
二十一、绘制运动中人体点的轨迹及人体运动简图	(82)
二十二、测定短跑中人体关节角度随时间的变化曲线	(84)
二十三、走的足底压力分布测定	(84)
第二节 运动机能学实验	(85)
一、坐骨神经-腓肠肌标本的制备实验	(85)
二、不同刺激强度与频率对骨骼肌收缩影响的实验	(87)
三、神经干不应期的测定	(88)
四、肌肉生理横断面大小对肌肉收缩力量影响的实验	(89)
五、人体表面肌电图的描记实验	(91)
六、人体ABO血型的测定	(92)
七、蛙心室期前收缩和代偿间歇实验	(93)
八、肺通气功能的测定	(94)
九、通气阈的测定	(95)
十、个体乳酸阈的测定	(96)
十一、前庭功能稳定性的测定	(97)



十二、毁损小白鼠一侧小脑的实验	(98)
十三、血乳酸的测定	(99)
十四、血糖的测定	(100)
十五、血睾酮和皮质醇的测定	(101)
第三章 综合性实验	(102)
第一节 运动形态学实验	(102)
一、发展上肢肌肉力量与伸展性练习实验	(102)
二、发展下肢肌肉力量与伸展性练习实验	(103)
三、发展躯干肌力量与伸展性练习实验	(104)
四、自选整体运动分析	(105)
五、双脚原地纵跳的力学特征分析	(106)
六、在技术图片上测定人体稳定角	(107)
七、踏跳动力学参数测量	(108)
八、人体静态平衡能力的测量	(109)
九、步态的动力学和运动学测量	(110)
十、肌肉工作时序的肌电测量	(111)
十一、跳远运动员下肢肌肉力量的综合评定	(112)
十二、三维运动影像解析	(113)
第二节 运动机能学实验	(114)
一、时间、动作关系的表面肌电分析	(114)
二、大脑皮层运动区功能定位和去大脑僵直实验	(115)
三、人体安静与运动后心率和动脉血压的测定	(116)
四、不同运动强度运动中和运动后人体心率的变化特征实验	(118)
五、PWC ₁₇₀ 的测评	(119)
六、最大摄氧量的测评	(121)
七、无氧阈的测试与评价	(125)
八、人体无氧运动能力的测定（非乳酸运动能力的测定）	(127)



八、常用实验动物的抓拿	(202)
九、实验动物的分组、编号和标记方法	(203)
十、实验动物的给药方法	(204)
十一、实验动物麻醉方法	(206)
十二、实验动物的采血方法	(211)
十三、实验动物的处死方法	(212)
第二节 实验动物运动模型设计	(213)
一、常用运动动物模型制备方法	(214)
二、运动人体科学研究中常用的动物模型	(216)
三、运动人体科学研究中常用的动物运动器械	(218)
第三节 运动人体科学研究中常用的实验动物手术器械	(220)
一、刺激电极	(220)
二、锌铜弓	(220)
三、常用实验动物手术器械	(220)
第四节 实验动物手术的组织与实施	(222)
一、术前准备	(222)
二、慢性实验的无菌原则	(223)
三、基本手术操作	(224)
四、术后工作	(227)
五、常用生理溶液	(228)
六、人体与动物常用的生理常数	(229)
参考文献	(235)



六、设计性实验的组织实施	(171)
七、评分标准	(171)
第二节 参考设计方案	(172)
一、人体运动过程中生理功能的变化	(172)
二、运动负荷与能量代谢的测定	(174)
三、运动对氧运输系统功能影响的研究	(175)
四、一般人健身运动处方的设计	(177)
五、膝关节损伤的康复训练	(179)
六、脊髓损伤恢复期的康复锻炼	(181)
七、运动技术训练水平分析	(182)
八、急性无氧运动强度的评定	(184)
九、无氧间歇运动训练课运动负荷的评定	(185)
十、力量训练运动强度的评定	(187)
十一、一堂周期性耐力运动训练课强度和运动负荷的评定	(188)
十二、一次有氧运动负荷的评定	(189)
十三、无氧、有氧混合型运动负荷的评定	(191)
十四、有氧耐力运动锻炼效果的综合评定	(192)
十五、运动生化指标的综合应用	(193)
第五章 运动人体科学研究中常用动物实验方法与技术	(196)
第一节 实验动物概述	(196)
一、实验动物概念	(196)
二、实验动物的微生物学分类	(196)
三、实验动物选择的基本原则	(197)
四、常用实验动物的种类、作用与生物特性	(198)
五、实验动物的饲养环境	(200)
六、实验动物健康状态的判断标准	(201)
七、动物实验的伦理学3R原则	(201)



第一章 运动人体科学实验基础知识

第一节 运动人体科学实验课的目的和要求

运动人体科学是一门以实验为基础的学科，实验课是其相关课程的重要组成部分。通过实验课教学，使学生加深对基本理论的理解，加强理论与实际的联系；了解运动人体科学实验设计的基本原理；逐步掌握人体基本结构、基本生理、生化和生物力学指标的测试与方法及其在运动训练中的应用；培养学生实际动手能力、创新能力、严谨的科学态度和实事求是的工作作风；能够科学地组织体育教学，指导体育锻炼、运动训练和课余体育活动，并为开展体育科学研究奠定初步基础。为实现上述目的，要求学生必须按以下要求完成实验课。

一、实验前

(1) 指导教师要集体备课，认真阅读实验教材，充分了解本次实验的目的、原理，熟悉并统一实验步骤和操作注意事项。

(2) 学生必须认真预习实验，了解实验的目的要求、实验设计原理和简单的操作步骤及注意事项，还要复习与本次实验相关的理论知识，达到进一步巩固有关理论知识的效果；能够预测该实验各个步骤可能得出的结果，对预期的实验结果能做出合理的解释。

(3) 为保证实验的正常顺利进行，实验小组人员应有明确分工并各自提前做好各自的准备工作；预判实验中可能发生的问题、误差，制定预防措施。

二、实验中

(1) 教师传授知识要耐心、细致，认真讲授运动人体科学实验方法和基本



操作技术,鼓励学生与指导教师自由交换意见,注意引导学生的想象力、增强探索与创新意识。

(2) 学生应认真听讲,按教师要求进行各项实验操作。保持实验室安静;保证实验器材放置整齐、稳妥、有条不紊;不得进行与实验无关的活动;注意保护实验动物和标本;按照操作步骤正确使用仪器和手术器械;爱护公物,注意节省实验器材和药物;注意安全,严防触电、火灾、被动物咬伤及中毒事故发生。

(3) 仔细、耐心地观察实验中出现的现象,随时客观地记录实验结果。在实验过程中,实验条件应始终保持一致,如有变动,应加文字说明。

(4) 实验中联系有关理论知识对实验结果进行思考。思考可能出现的结果、为什么出现这种结果、这种结果的理论或实际意义,分析出现非预期结果的原因。

三、实验后

(1) 整理实验仪器和用具,关闭仪器、设备的电源开关。洗净擦干手术器械并摆放整齐;清点实验用具,如有损坏或短少应立即向指导老师报告。

(2) 按规定妥善处理实验后的动物和标本。

(3) 整理实验记录,对实验结果进行分析讨论,做出实验结论;认真撰写实验报告,按时交指导教师评阅。

第二节 实验结果的整理和实验报告的撰写

一、实验结果的整理

整理实验结果就是将实验过程中所观察到的现象和所获得的数据进行系统化、条理化的整理、归类、分析和统计学处理并找出规律的过程。

在所得实验结果中,凡属可以定量检测的数据应以国际标准单位和客观的数值予以表达,样本量允许时可进行统计学处理,以保证结论的真实性、科学性和可靠性。凡有曲线记录的实验结果,为了便于比较和分析,可用表格或绘图形式



表示。制作表格时,一般将观察项目列在表内左侧,由上而下逐项填写,将实验中出现的变化或结果,按照时间顺序由左至右逐一填写。绘制坐标图时,应在纵坐标和横坐标上列出数字,标明单位,一般以纵坐标表示所发生的各种反应,横坐标表示时间或各种刺激条件,并在图的下方注明实验条件。形态学观察为主的实验结果,要将所观察到的细胞、组织和器官的形态、结构以绘图的形式表示在实验报告上。

二、实验报告的撰写

(1) 实验报告是报告人实验操作、观察和独立思考的结果,演示实验和自己做的实验均要每人写出实验报告,且必须实事求是,文字图表力求简明准确。

(2) 实验报告必须按时完成。

(3) 按照实验的具体要求,认真写出实验报告。具体项目如下:

①实验题目:即每次实验的名称。

②一般情况:包括实验人员的姓名、年级、系别、专项、班次、组别和实验日期。

③实验目的:要求尽可能简洁明了。

④实验原理:要求清楚、明确。

⑤实验对象、实验器材:要依照实验过程如实填写。

⑥实验方法和步骤:如实验指导有详细介绍,只需简明、扼要、清晰、条框式写明主要实验方法、实验技术和实验技术路线。

⑦实验结果:根据实验目的和观察过程,将原始记录系统化、条理化。其表达方式一般有四种:

- 叙述式:对于不使用图形或表格显示的结果,可用语言描述。用文字将观察到的与实验目的有关的现象客观地加以描述。但要注意语言的精炼和准确性,使用规范的名词,并且要有时间顺序和逻辑性。

- 表格式:能较为简明地反映观察内容,有利于相互比较,使结果一目了然,可根据实验内容自己设计表格,表内应有标题和计量单位。

- 简图式:实验中描记的结果可用曲线图表示,直接载入实验报告中,也可取其不同的时相将结果记录在坐标系内,而后连结为曲线。最适合于某些机能变化的动态观察,能够清楚地反映变化及其趋势。

- 波形式:主要指实验中描记的波形或曲线(如呼吸、血压、肌肉收缩曲线



等)通过剪贴、拍照进行编辑,加上标注、说明,直接贴在实验报告上,以显示实验结果。

⑧讨论:将实验说明的问题以及从实验所得的结果,围绕实验目的,根据已知的理论知识对结果进行讨论、分析和逻辑论证。如果在实验中出现非预期结果,应该分析其可能的原因。

⑨结论:实验结论是从实验结果中归纳出的概括性判断,即实验所能验证的概念、原则或理论的简明总结,应以简练的语言严谨地表达结论,切忌盲目抄袭书本或别人的实验报告。

第三节 运动人体科学实验常用仪器

一、检测及验证类实验仪器

(一) 显微镜

1. 光学显微镜

光学显微镜是利用光学原理,把人眼所不能分辨的微小物体放大成像,以供人们提取微细结构信息的光学仪器。光学显微镜主要由三部分组成:一是光学放大系统,为两组玻璃透镜,分别为目镜和物镜;二是照明系统,包括光源、折光镜和聚光镜,有时另加各种滤光片以控制光的波长范围;三是机械和支架系统,主要是保证光学系统的准确配置和灵活调控。对任何显微镜来说,最重要的性能参数是分辨率,即区分两个质点的最小距离。这两点间的距离取决于光源的波长、物镜镜口角和介质折射率,普通光镜的最大分辨率是 $0.2\mu\text{m}$,最大放大倍数是1000倍。在运动解剖学实验中多用于细胞或组织切片的观察。(图1-1)

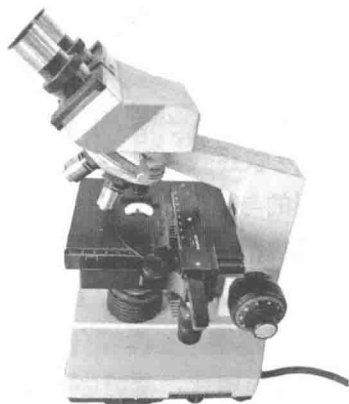


图1-1 光学显微镜



2. 电子显微镜

电子显微镜在基本原理上与光学显微镜完全不同,构造更要复杂得多。它用电子束代替了可见光,用电磁透镜代替了光学透镜并使用荧光屏将肉眼不可见电子束成像。它的最大分辨率是 0.2nm ,最大放大倍数是 10^6 倍。电子显微镜主要由四部分组成:一是电子束照明系统,包括电子枪和聚光镜。由高频电流加热钨丝发出电子,经高电压使电子加速,再经聚光镜汇聚成电子束。二是成像系统,包括物镜、中间镜和投影镜等,它们是若干精密加工的中空圆柱体,里面装制线圈,通过改变线圈的电流大小,调节圆柱体空间的磁场强度。电子束经过磁场时发生螺旋运动,最终的结果如同光线通过玻璃透镜时一样,聚焦成像。三是真空系统,用两极真空泵不断抽气,保持电子枪、镜筒及记录系统内的高真空。四是记录系统,电子成像需通过荧光屏显示用于观察,或用感光胶片记录下来。(图1-2)



图1-2 扫描电子显微镜

(二) 一维重心测量板

一维重心测量板是依据静力学中的力矩平衡原理用以测量人体重心位置的测试系统,由支点、力传感器、带有抵趾脚板的平衡板和数字显示器组成。它既可以准确测量人体重心至头顶或足底的距离(绝对高度),还可计算人体重心至头顶或足底的距离与身高的比值(相对高度)。(图1-3)

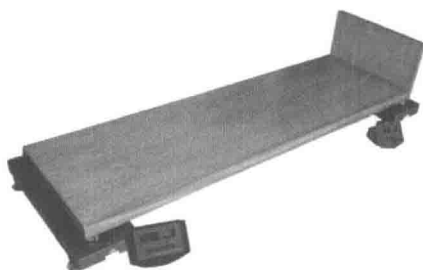


图1-3 一维重心测量板

(三) 三维运动录像分析系统

运动录像解析是非接触式地采集运动对象的时间和位移等基本生物力学特征的最普遍的研究手段和方法。该方法包括录像拍摄和录像解析两个过程。录像拍摄多采用16mm的高速摄影机。测量方法包括二维测量和三维测量。录像解析是通过视频解析软件将(高速)摄影机拍摄下来的运动图像进行数字化,得到每一时刻运动图像特征点的坐标,根据这些坐标值可以导出位移、角度、角速度以及角加速度等人体运动的运动学量值。三维运动录像分析系统还可同时兼容足底压力分布、测力平台、肌电等数据建立综合分析平台,将其应用于体育运动的技术分析及教学、运动医学评定与运动康复等。(图1-4)

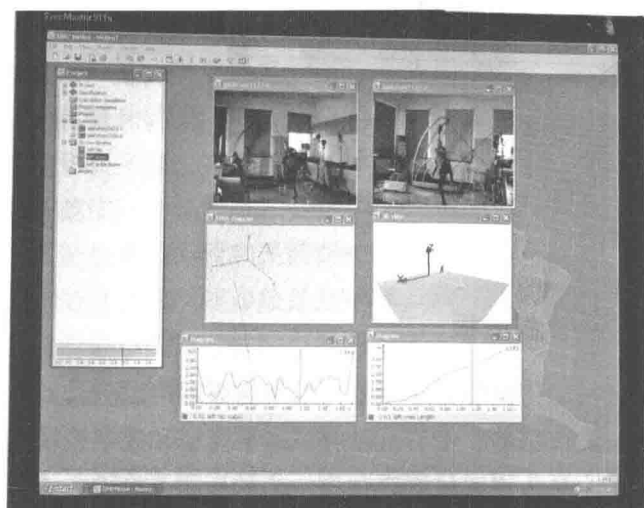


图1-4 三维运动录像分析系统



(四) 足底压力分布测试系统

压力分布测试技术从20世纪50年代开始就被广泛应用于临床步态分析。较为公认的测试方式包括测力鞋和测力板。即将传感元件直接贴于足底或鞋底,亦或做成鞋垫放入鞋内,用以测量人体静止和运动状态下足底压力分布情况和受力大小,从而达到康复评估、长期运动负荷分析和监测、步态分析、技术动作分析、运动损伤治疗与评估、运动鞋的研究与开发以及辅助优化鞋的设计和矫形鞋的设计等目的。目前具有代表性的测试系统有美国研制的F-scan测力鞋垫系统、德国的Parotec系统、比利时的Footscan insole系统和德国的Novel系列压力分布测试系统。

Novel系列压力分布测试系统由Novel emed测力板系统和Pedar-X测力鞋垫系统组成。它基于标准化电容式传感器原理,平板由6000个传感器构成,可测量的参数包括:各点的压力、平均压力、接触面积以及压力中心位置(x/y 坐标)。具有静态测量功能——测量静态站立时的足底压力分布,还能够以每秒150000传感器扫描频率,记录动态数据——测量出运动时足部的压力,并可通过软件对测量的压力数据进行详细全面的分析,并加以量化,如:步伐长度和宽度的改变,内翻足和外翻足的位置,足部接触地面的面积等。(图1-5)

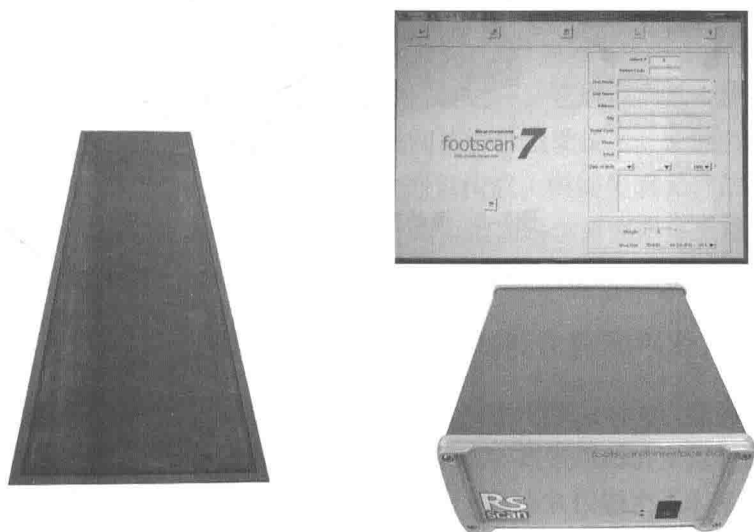


图1-5 足底压力分布测试系统