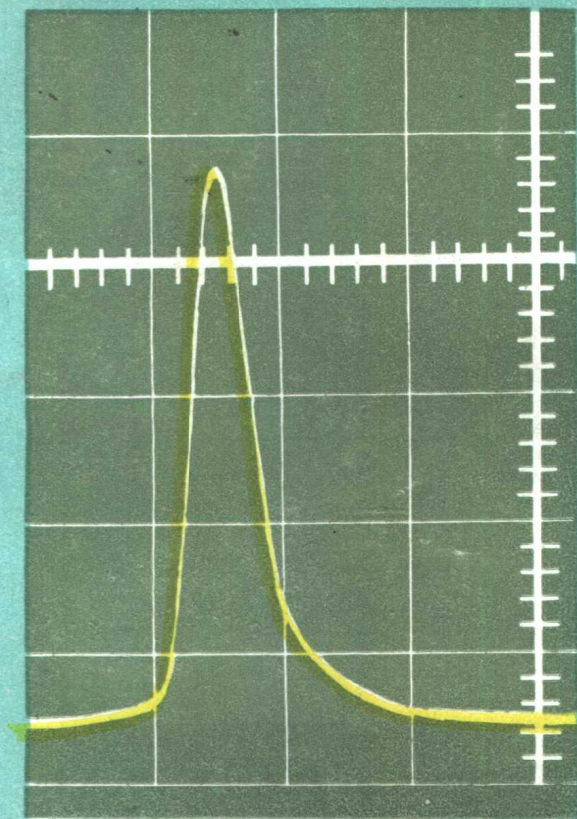


高等学校试用教材



运动生理学实验

运动生理学实验编写组

教育出版社

高等学校试用教材

运动生理学实验

运动生理学实验编写组

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委颁发的高等师范院校体育专业教学计划和人体生理学、运动生理学教学大纲而编写的。书中阐述了常用的主要仪器设备、大动物实验的基本操作技术；选用了神经肌肉实验、氧的运输系统实验、能量代谢实验、生理功能调节实验和适用运动生理学实验，共计57个实验。本书可作为高等师范院校体育专业、体育学院生理学实验教材，也可供高校生物专业教学参考。

(京)112号

高等学校试用教材

运动生理学实验

运动生理学实验编写组

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

开本850×1168 1/32 印张 6.25 字数 160 000

1989年3月第1版 1993年4月第5次印刷

印数23·314—33 622

ISBN7-04-001223-5/Q·113

定价2.35元

编写说明

本书根据原教育部全国高等院校体育专业教材编审委员会1983年审定的高等师范院校体育系《人体生理学》和《运动生理学》教学大纲的规定内容为基础，由湖南师范大学、东北师范大学、河南师范大学、福建师范大学编写的。1983年7月，编写组成员和北京师范大学等11所院校在福建师范大学召开了第一次讨论会，对初稿进行了修改讨论，并确定由湖南师范大学负责修订，内部发行试用，广泛征求意见。此后，根据试用中的意见改写了二稿，并于1985年8月，在西北师范学院召开了有11所院校参加的二稿讨论会，会上对内容作了进一步的修改和增补。

1986年6月，国家教委体育专业教材编审委员会在昆明召开了审稿会。参加审稿的王步标（湖南师大体育系）、邓树勋（华南师大体育系）、华明（杭州大学体育系）等同志对本书进行逐章审议，肯定了本教材符合教学大纲要求，体现了体育专业特点。根据高师体育专业的培养目标，以及课程设置改革意向，与会编委确定《人体生理学实验》和《运动生理学实验》合为一书，定名为《运动生理学实验》，与有关教材配套使用。实验内容按照影响运动能力的四个因素组合成五章，再加上仪器与实验的基本操作技术两章共七章。本实验可供师范院校体育系（科）、体育学院教学使用，也可作为运动生理研究生的参考书。

现代教育的一个显著特点，就是要培养理论与实践相结合的人才。而实验教学恰恰是理论和实践一种很好的连接。学生既可通过实验去验证和深化理论知识，也可通过实验培养实际工作能力与创造精神。因此，我们希望通过运动生理实验课的学习，培养学生科学思维方法和科学工作态度，并熟悉其中某些科学实验的基

本技能，以便为后续的学习，或为将来在工作岗位上能应用科学方法进行教学和训练打下一定的基础。在编写过程中，考虑到目前各校实验课实际开设的情况，既要照顾到各校不同的实验设备条件，也应注意与现代重要的基本技术的进展相适应。故在实验项目安排上，留有较大的余地，以供各校选用。书中绝大部分实验都是经过作者亲自操作后撰写的，尽力做到切实可行。

参加本书编写的人员有湖南师大曾凡弟、肖泽亮，福建师大洪泰田，东北师大金岭松、梁桂香，河南师大宛霞。曾凡弟、洪泰田对全书分别作了修改和校阅，最后由曾凡弟进行统稿。参加本书讨论、修改的人员还有北京师大张志贤，杭州大学华明，河北师大王秀玲，南京师大张一鹏，华南师大邓树勋、李妙琴，西北师院汪锡福，云南师大许永佩，河南师大许蕴璋。湖南师大谢清同志为本书绘制了部分插图，特在此表示谢意。

我们编写此书，目的是想为运动生理学的教学工作作点有益之事，但由于我们业务水平有限，经验缺乏，不当与错误之处，亟盼读者批评指正。

运动生理学实验编写组

1987年6月于长沙

目 录

实验须知	1
一、实验课的目的	1
二、实验课的要求	1
三、实验报告的要求	2
第一章 常用的主要仪器设备	4
一、跑台	4
二、自行车功量计	5
三、何尔登气体分析器	7
四、记纹鼓描记系统	10
五、电生理描记系统	14
六、刺激器与电极	23
七、常用手术器械	23
第二章 大动物实验的基本操作技术	23
一、动物的准备与麻醉	28
二、急性动物实验的基本操作技术	31
第三章 神经肌肉实验	37
实验1 坐骨神经-腓肠肌标本的制备	37
实验2 神经干动作电位的引导	39
实验3 神经干动作电位传导速度的测定	41
实验4 骨骼肌的单收缩与复合收缩	42
实验5 刺激强度与骨骼肌的收缩关系	46
实验6 负荷对骨骼肌收缩力的影响	47
实验7 肌肉长度和生理横断面对肌肉收缩的影响	49
实验8 不同负荷重量对肌肉收缩速度及功率的影响	52
实验9 肌电图描记	54
第四章 氧的运输系统实验	58

实验10	血浆的缓冲性质	5
实验11	红细胞渗透脆性试验	59
实验12	人体血红蛋白含量的测定	61
实验13	人体红细胞与白细胞的计数	63
实验14	人体ABO血型的鉴定	67
实验15	蛙心搏动过程的观察	68
实验16	期前收缩和代偿间歇	70
实验17	离体蛙心灌流	72
实验18	蛙心电与收缩活动的时相关系	76
实验19	人体心电图的描记	79
实验20	人体安静与运动时动脉血压和脉率的测定	83
实验21	心输出量的影响因素	86
实验22	兔心血管活动的神经体液调节	89
实验23	肺通气功能的测定	94
实验24	呼出气和肺泡气的分析	98
实验25	呼吸运动的调节	102
实验26	不同强度运动时肺通气量、需氧量、吸氧量与氧债的测定	105
实验27	最大吸氧量的直接测定	109
实验28	最大吸氧量的间接测定	112
实验29	无氧阈的非创伤测定	120
第五章	能量代谢实验	126
实验30	胃肠道运动的观察	126
实验31	人体基础代谢的测定	127
实验32	体温的测定	133
实验33	不同强度运动时的能耗量与机械效率的测定	134
第六章	生理功能调节实验	138
实验34	反射弧的分析	138
实验35	脊髓反射的外周抑制和交互抑制	140
实验36	小白鼠脊髓半离断及全离断的观察	141
实验37	破坏小白鼠小脑的观察	142
实验38	大脑皮层运动区功能的定位	143

实验39	去大脑僵直	147
实验40	中脑蛙的翻正反射	146
实验41	人反应时的测定	146
实验42	胰岛素休克	149
实验43	视敏度(视力)的测定	150
实验44	视野的测定	151
实验45	眼肌平衡的测定	153
实验46	视觉深度测定	155
实验47	动物一侧迷路破坏的效应	157
实验48	前庭功能稳定性的测定	153
实验49	本体感觉功能的测定	163
第七章	适用运动生理学实验	165
实验50	无氧功率的间接测定	165
实验51	人体运动各阶段生理功能变化的测定	167
实验52	活动性休息对工作能力的影响	167
实验53	运动性疲劳的生理指标测定	169
实验54	\dot{W}_{170} (PWC ₁₇₀)的测定	173
实验55	训练水平的生理学评定	175
实验56	林加尔德(Lindgard)现象的观察	178
实验57	测定绝对力量的简易方法	180
附录		183
一、	人体常用的生理常数	183
二、	常用生理溶液的成分表	186
三、	常用非挥发性麻醉药品	188
四、	标准状态(STPD)气体容积的换算系数	189

实验须知

一、实验课的目的

生理学实验课的目的，在于通过实验使学生初步掌握人体生理学与运动生理学实验的基本操作技术，以及反映各种体育锻炼和训练对人体某些功能有影响的生理指标的测试与评定技术。了解获得生理学知识的科学方法，验证生理学的基本理论。通过实验培养学生对事物具有客观地观察、比较、分析和综合的能力，以及对科学工作的严肃态度和实事求是的作风，从而为科学地组织体育教学、指导体育锻炼与训练，以及开展科学实验奠定初步基础。

二、实验课的要求

(一) 实验前

1. 仔细阅读实验指导，了解实验的目的、要求、步骤和操作流程。
2. 结合实验内容，复习有关理论，做到充分理解。
3. 预测该实验各个步骤应得出的结果。
4. 注意并估计实验中可能发生的误差。

(二) 实验时

1. 按照实验步骤，循序操作，不得进行与实验本身无关的活动。遵守秩序，保持实验室肃静，注意实验台的清洁整齐。
2. 仪器使用要严格按照操作规程进行，如遇到仪器故障或损坏，应及时报告老师，以便修理或更换，不要自行修理。爱护实验器材和标本，节省实验材料和药品。使用电、煤气、熏烟灯及

腐蚀性药品时，必须注意安全。

3. 本组同学应分工合作，各项工作应轮流担任，使每个人都有学习各项操作的机会。

4. 仔细观察实验过程中出现的现象，随时记录并联系讲授内容加以深刻地思考。如①发生了什么现象？②为什么出现这种现象？③这种现象有什么生理意义等。

(三) 实验后

1. 整理实验仪器，擦洗器械。如有损坏短少，应及时报告负责教师。

2. 整理实验记录，作出实验结论，书写实验报告。

三、实验报告的要求

(一) 实验报告应当是报告人实际操作、观察和独立思考的结果。必须实事求是，字句图表力求简明。按时交负责教师评阅。

(二) 实验报告(表实-1)

表实-1 实验报告格式

姓名	_____	班次	_____	组别	_____
日期	_____	室温	_____	气压	_____
实验题目	_____				
实验目的	_____				
实验对象	_____				
实验方法	_____				
结果	_____				
讨论与结论	_____				

1. 实验方法 一般不必描述, 如果实验仪器或方法临时有所改变, 可作简单的说明。

2. 实验结果 应将实验过程所观察到的现象实事求是地、准确地记述。

凡属可测量的结果, 例如高低、长短、快慢、轻重、多少等, 均应标出具体的数值和单位; 凡有曲线记录的实验尽量用曲线表示结果, 在曲线上应标注说明、刺激标记、时间标记等。有的结果为了便于比较、分析, 可用表格或绘图表示。

3. 讨论和结论 根据已知的理论知识解释和分析实验结果, 并指出实验结果的生理意义。如果出现非预期的结果, 应考虑和分析其可能原因。

实验结论是从实验结果中归纳出的一般的、概括性的判断, 也就是这一实验所能验证的基本概念、原则或理论的简明总结。在实验结果中未能得到充分证据的理论分析不应写入结论。

第一章 常用的仪器设备

为了研究人或动物的生理活动,评定人体的功能能力,需要有专门的特殊仪器,这里仅介绍几种常用的仪器设备。如可供标准运动负荷用的跑台与功率自行车;能描记生理反应的记录仪器;能使活组织产生生理反应的刺激器;能将生理变化传送到记录仪器上的传动装置或换能装置;标记生理反应过程时间的记时器,以及手术器械等。

一、跑台

跑台(treadmill)是为受试者提供一定运动负荷量的运动设备。配备有关仪器时,可作心功能、肺功能和能耗量的测定,也可作人体功能测试,以及进行机能评定和训练等用。

P20型跑台由两根电缆将控制操纵台与跑台相连,通过控制台可调节速度、升降坡度及里程与计时的数码显示等功能。

(一)主要工作原理及操纵台面板(图1-1)

1. 行速控制 速度表(speed)指示可调范围 $4-20\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。在负载条件下,指示器指针允许摆动幅度 $\pm 1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$,速度允差 $\pm 5\%$ 。

速度的调节是由面板按钮(A_1 、 A_2)操纵,使微型电机正反转,带动电位计转动。通过改变触发脉冲频率,而改变直流电机的电枢电压,以实现调速。最后由传感器传输给示数器,通过指示器的指针摆动显示出来。

2. 坡度控制 坡度表的升降指示(slope)刻度范围为 $0-25\%$,但实际的连续升降范围只在 $0-22\%$,误差范围 $\leq 1\%$ 。当坡度上升到大于 23% 或下降到小于 0% 位时,能自动停止。

坡度的读数值由齿轮等机械传动,通过电位器动臂转动,改

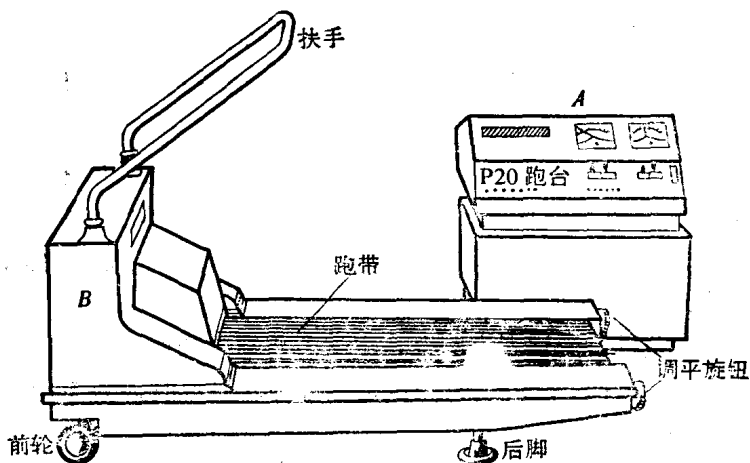


图 1-1 P20型跑台
A.操纵台 B.跑动台

变电流计的电流值，从而在坡度表的指针刻度表上得到。

3. 里程和计时 为荧光数字显示。里程计范围0—9 99m，有复零功能。跑带运动时，通过滚轮传动，使一双端凸轮转动，该凸轮与微动开关相撞。每转动一周，微动开关吸放两次，相当于跑带行进1m。然后经双稳触发器产生一个“米”脉冲，送入计数器(B-C印板)，完成计数、译码、显示及进位功能。

计时器计时范围0—9 9min 30s，误差 $\leq 2\%$ ，有暂停复零功能。它由哈脱莱电路产生一个200Hz的脉冲，经整形放大后送入分频器产生秒脉冲，再由1:60分频器产生分脉冲，进行计时显示。

(二)操作方法

1.准备工作

- (1)调节跑台后部两轮脚，使金属圆脚着地平稳，防止晃动。
- (2)接通电源和地线，开机空转，检查外壳是否带电。同时注意调节跑台后部两边旋钮，检查跑带运行是否走边。
- (3)检查数码显示是否正常。按下“CLEAR”（总清），数字

管应呈“0”形。“ON-STOP”为(开-停)功能。

检查升降坡度控制是否正常。按下“▲”时坡度上升，按“▼”时应下降。

检查速度控制是否正常。按下“▲”时速度增加，按“▼”时减速，放开手时速度不变。在 $4-20\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 范围内连续可调。

注意：千万不能同时按下两个按钮，否则会烧毁保险丝。

2. 操作练习

(1)开机。受试者上跑台，主试者将速度和坡度从0调至第一档(速度 $4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ，坡度0%)试走几分钟。必要时，为受试者做动作示范。

(2)开始记录。按下“CLEAR”键，即从0开始计数，此时“ON-STOP”开关置于“ON”(开)位。

(3)根据测试项目及分级标准，逐渐加速和升坡，并做好动态过程中的记录及必要的监护工作。

(4)测试完毕，记下数据。速度和坡度回零，然后再断电源(注意：非万不得已，不可在高速下关断电源)。

(5)关机，做好清洁工作，盖上防尘罩。

(三)使用跑台注意事项

1. 受试者在运动前要作体检。

2. 运动时若有不适，应及时报告教师。

3. 速度过快($14-16\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)时，应注意保护。

二、自行车功量计

自行车功量计(bicycle ergometer)有坐式和卧式两种，是为检测提供作功的运动设备。与心电图、超声诊断仪等配套使用，可供测试不同的实验时运动生理参数和室内体力锻炼之用。

坐式自行车功量计通过转速表和操纵器(图1-2)确定速度和负荷。转速一般控制在 $60\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，误差小于 $2\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ ，功量负荷为 $0-350\text{W}$ ，共7档，可分档或连续调节。

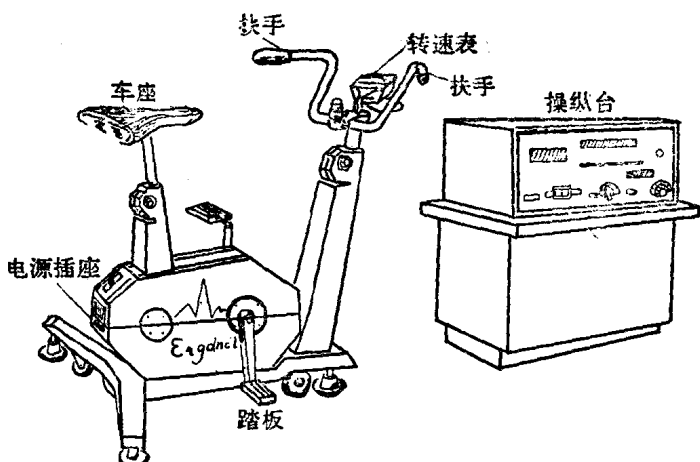


图 1-2 坐式自行车功量计

(一) 实验时

接通电源和地线，受试者身着运动服和鞋称体重。调整车座，踏到最低点时，脚略有弯曲。将操纵器的阻力指示器调至零位，然后令受试者坐在踏车上，两手抓握扶手，上体保持自然姿势，脚踩踏板，步速均匀，两眼注视转速表指针。保持 $60\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 的速度踏车，按每3min一档递加负荷，档级可根据实验对象、目的、要求等加以选择。当心电图出现阳性改变时应停止运动。

(二) 实验结束

档级复零、切断电源，盖好防尘罩。

三、何尔登气体分析器

何氏(Haldene)气体分析器构造如图1-3。“A”为总容积 100ml 的刻度管，上端膨大部为 15.2ml ，下端细部为 4.8ml ，“B”为水银贮积池，与A管相通，“C”为调压管，“D”为调节水温的橡皮球，“F”为盛二氧化碳吸收剂管，“H”为盛氧吸收剂管。

何氏器的工作原理是将一定量的呼吸气样，在一定的温度和

气压下，通过与二氧化碳吸收剂(NaOH或KOH)和氧吸收剂(焦性没食子溶液——30%焦性没食子酸和60%KOH，以2:7混合制成)接触，然后根据气体样品容积的减少，计算出呼吸气中氧和二氧化碳的容积百分比。

(一)气样分析前的准备

1.平衡压力和温度 转动活塞②、③、④，使各管与外界相通，以平衡其压力。注意记录当时的气压和水浴温度。

2.灌注吸收剂 从G和I管分别注入二氧化碳吸收剂和氧吸收剂，并记下F和H两管液面高度(注意：在I管的焦性没食子溶液表面盖上一层液态石蜡油)。

3.转动活塞 转动活塞④，使C与E相通，转动活塞②、③，使H与A通，然后转动活塞②，使H关闭，F与A相通。

4.清除原管内空气中的氧和二氧化碳

(1)向A管注入空气。打开活塞①和⑤，使A与外界相通，降低B池水银高度，吸入空气20ml，然后关掉⑤和①。

(2)氧和二氧化碳的吸收。转动活塞①和③，使A与F相通，然后经升降B池，驱使气体由A进入F，使管内空气与二氧化碳吸收剂反复接触。然后转动活塞②，使F与A隔绝。再转动活塞③，使A和H相通。同样升降B池，使管内气体与焦性没食子溶液反复接触。最后调节B池高度，使H管液面在某一高度上(划上记号)。再转动活塞②，使A与F相通，提高B池，将A管内气体送入F管。而后降低B池，气体由F管吸回A管，使F管上端气体所含氧气被稀释到最小程度。然后再转动活塞②、③，使A与H相通。同样调节B池，使A管内气体与H管内的焦性没食子溶液接触，以吸尽管内残留氧，直至整个管内全部是氮气为止。最后调节H管的液面，使之恢复到原来划的记号处。注意记下F管高度，转动活塞①、②、③，使A、F、H互不相通。

5.排除A管空气 转动活塞①和⑤，使A与外界相通，升高B池，让水银注入A管，直达⑤处，并关闭⑤，即可正式进行气

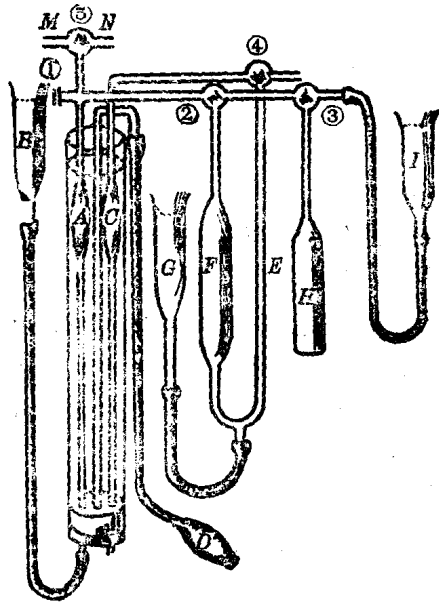


图 1-3 何氏气体分析器

样分析。

(二)气样分析

1. 收集气体 用多氏袋或气球收集呼出气。

2. 向分析器内注入气样 将气样袋与M管相连接，转动⑤，使M与N相通。按压气样袋，用气样冲洗M、N管，然后转动①、⑤活塞使M与A相通。降低B池，吸入气样20ml于A管中(注意A管内压力须与大气压相等)，关闭⑤和①活塞。

3. 进行气样中氧和二氧化碳的吸收分析 这一操作过程同前面氧和二氧化碳的吸收相同，详细操作过程见有关实验要求。

注意：焦性没食子酸对氧的吸收较慢，因此，在与焦性没食子溶液接触过程中须重复7—8次(约3min)，而二氧化碳与氢氧化钾接触一般重复4—5次即可。