



高等学校教材
《人体生理学实验指导》编写组 编

人体生理学 实验指导

高等教育出版社

(京) 112 号

图书在版编目 (CIP) 数据

人体生物学实验指导. 洪泰田主编—北京: 高等教育出版社, 1996

ISBN 7-04-005532-5

I. 人… II. 洪. III. 人体生理学—实验—高等学校—教学参考资料 IV. R33-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 11288 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码: 100009 传真: 4014048 电话: 4054588

新华书店总店北京发行所发行

北京地质印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 6.75

字数 170 000

1997 年 7 月第 1 版 1997 年 7 月第 1 次印刷

印数 0001—6 276

定价 8.90 元

凡购买高等教育出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题者, 请与当地图书销售部门联系调换。

版权所有, 不得翻印

内 容 提 要

本书是根据 1991 年国家教委颁发的《全国高等学校本科体育教育专业教学计划》和 1992 年《普通高等学校本科体育教育专业人体生理学课程基本要求》而编写的。全书共分绪论、常用的主要仪器设备、动物实验的基本操作技术、骨骼肌的活动及其控制实验、氧运输系统实验、物质与能量代谢实验、感觉和神经系统的整合功能实验、体育教学和训练的生理学分析实验、年龄、性别、环境与运动实验等 46 个实验。

本书可作为高校体育教育专业本专科人体生理学实验教材, 也可供运动生理学和运动医学工作者及高校生物专业教学参考。

编写说明

本书是根据 1991 年国家教委颁发的《全国高等学校本科体育教育专业教学计划》和 1992 年《普通高等学校本科体育教育专业人体生理学课程基本要求》，在总结了 5 年多高师体育教育专业生理学实验教学的基础上，适应近年来生理科学的发展，因而对 1989 年出版的《运动生理学实验》作进一步修订。1992 年 5 月在湖南师大召开编写人员会议，商定了修定编写原则，确定实验项目、格式和分工，一年后初稿完成，1993 年 12 月下旬在华南师大定稿。

1993 年 12 月国家教委全国高校体育教学指导委员会在广州召开了审稿会。参加审稿的邓树勋（国家教委全国高校体育教学指导委员会专业组副组长、华南师大）、华明（杭州大学）、卢义锦（华南师大）、肖泽亮（湖南师大）对本书逐章、逐个实验进行审议，肯定了本教材符合国家教委颁发的人体生理学课程的基本要求；与 1989 年版相比较，进一步体现了先进性、应用性、针对性和严谨性，体育教育专业的特点，可供普通高校体育教育专业本专科作为人体生理学的配套教材使用。会后由洪泰田按照审稿会议意见，对全书作进一步修改。

本书编者对本书内容的取舍取得共识，如对人体生理学课程的基本要求所确定的必作实验和选作实验，均经过作者亲自操作后才撰写的，尽力做到切实可行；增加了“应用与评价”一栏，加强本教材的应用性。

本教材虽经数次讨论并作认真的修定，但限于我们的业务水平，尚存在不当与错误之处，亟盼读者批评指正。

编者

1994 年 5 月福建福州

目 录

绪论

一、实验课的目的	1
二、实验课的要求	1
三、实验报告的要求	3
四、实验室守则	4

第一章 常用的主要仪器设备

5

一、运动负荷仪	5
二、生理描记系统	10
三、电子刺激器	21
四、分光光度计	23
五、心率遥测系统	24
六、心阻抗仪	28
七、超声心动仪	30
八、何尔登气体分析器	31
九、计算机在生理实验中的应用	34

第二章 动物实验的基本操作技术

38

一、实验动物的选择和准备	38
二、动物的麻醉	38
三、急性动物实验的基本操作技术	40

第三章 骨骼肌的活动及其控制实验

43

实验 1 坐骨神经—腓肠肌标本制备	43
实验 2 神经干动作电位的引导	46
实验 3 神经干动作电位传导速度的测定	48
实验 4 刺激强度与骨骼肌收缩的关系	49
实验 5 负荷对骨骼肌收缩的影响	52
实验 6 肌纤维类型比例的测定	54
实验 7 破坏小白鼠小脑的观察	58

实验 8	兔大脑皮层运动区功能定位	60
实验 9	表面肌电图的描记	62
实验 10	不同负重对肌肉收缩速度及功率的影响	64
第四章	氧运输系统实验	67
实验 11	肺通气功能的测定	67
实验 12	不同强度运动时肺通气量、需氧量、吸氧量和运动后过量氧耗的测定	72
实验 13	人体血红蛋白含量的测定	75
实验 14	人体 ABO 血型的鉴定	79
实验 15	人体白细胞计数和分类	81
实验 16	蛙心搏动过程的观察	87
实验 17	期前收缩和代偿间歇	88
实验 18	人体在安静及运动时心电图的描记	91
实验 19	人体在运动过程中心率的测定	97
实验 20	人体在安静及运动后动脉血压的测量	99
实验 21	人体心输出量的测定	102
实验 22	兔心血管活动的神经体液调节	109
实验 23	植物性神经功能的测定	114
实验 24	最大吸氧量的测定	116
实验 25	无氧阈的非创伤测定	130
第五章	物质与能量代谢实验	133
实验 26	运动性蛋白尿的测定	133
实验 27	人体基础代谢的测定	135
实验 28	人体体温的测定	143
实验 29	不同强度运动时的能耗量与机械效率的测定	144
实验 30	无氧功率的测定	147
第六章	感觉和神经系统的整合功能实验	151
实验 31	视力的测定	151
实验 32	视野的测定	153
实验 33	眼肌平衡的测定	155
实验 34	色盲的测定	157

实验 35	视觉深度的测定	159
实验 36	动物一侧迷路破坏的效应	161
实验 37	前庭功能稳定性的测定	162
实验 38	本体感觉功能的测定	166
第七章	体育教学和训练的生理学分析实验	170
实验 39	活动性休息对工作能力的影晌	170
实验 40	反应时的测定	172
实验 41	运动性疲劳的判断	175
实验 42	动作速度的测定	178
实验 43	肌肉力量的测定	179
实验 44	$\dot{W}_{170}$ (PWC_{170}) 的测定	183
实验 45	训练水平的生理学评定	186
第八章	年龄、性别、环境与运动实验	190
实验 46	人体身体成分的推测	190
附录一	度量衡对照表	195
附录二	人体常用的生理常数	200
附录三	常用生理盐溶液的成分及配制	203

绪 论

一、实验课的目的

人体生理学实验是一门实验性科学，实验是研究生理学的基本方法。人体生理学实验课的目的，在于通过实验使学生逐步掌握人体基本生理指标的测试方法，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。了解获得生理学知识的科学方法，验证和巩固生理学的基本理论，培养和提高学生观察、分析、综合、独立思考和解决问题的能力，以及对科学工作的严肃态度、严密的工作方法和严谨的工作作风，从而为科学地组织体育教学，指导体育锻炼和课余体育训练，以及开展体育科学研究奠定初步基础。

二、实验课的要求

为了达到实验课的目的，学生必需遵守以下要求：

（一）实验前

1. 认真预习实验指导，了解本次实验的目的、原理、所需器材、步骤、注意事项、预期结果、应用与评价。
2. 结合实验内容，复习有关的理论内容，对预期的实验结果能作出合理的解释。
3. 注意和估计实验中可能发生的误差。

（二）实验过程

1. 按照实验步骤，以严肃认真的态度，循序操作，不能随意更动。以人体为对象的实验项目，在确认安全无误之后，才能开始实验，若受试者出现下列症状之一时，则不能进行运动负荷

实验。

(1) 有上呼吸道感染及其并发症。

(2) 让受试者静坐 5min 后，仍有如下表现时：

①心率 ≥ 100 次 $\cdot \text{min}^{-1}$ ；②心电图出现异常波形；③收缩压 $\geq 22.67\text{kPa}$ ；④舒张压 $\geq 13.33\text{kPa}$ ；⑤呼吸次数 ≥ 40 次 $\cdot \text{min}^{-1}$ ；⑥口腔温度 $> 37.5^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 安静状态下，从卧位站起时，若出现以下症状之一时：

①心率减少或增加的次数 20 次 $\cdot \text{min}^{-1}$ 以上；②舒张压减少或增加 $> 4\text{kPa}$ 以上；③心电图出现异常波形。

2. 进行分组实验时，小组成员一般分担下述职务：

(1) 组长：负责主持整个实验，检查全部实验装置，监督实验，经常察看实验进行情况，主持实验结果的讨论，并书写本组的实验报告。

(2) 副组长：负责实验仪器的借出和归还，完成原始数据的统计学处理。

(3) 记录员：收集原始数据，并制成图表。

(4) 计时员：记录完成各个实验步骤所需要的时间。

(5) 操作员：担任仪器的操作任务，并及时报告实验情况。

(6) 安全监督员：检查并处理可能发生意外事故的因素，如易燃品、仪器设备的隐患，以及受试者出现异常情况。

(7) 受试者：挑选受试者时，应根据本实验的目的要求，能够适应实验，没有任何疾病的症状为基本条件。受试者应理解实验的内容，穿运动服和胶底运动鞋，服从负责人的指挥，并应根据实验要求及时报告自己在受试过程中的自我感觉。

3. 仔细、耐心地观察实验过程中出现的现象，随时记录实验结果，遵守实验室规则。

(三) 实验后

1. 整理实验仪器，所用器械应擦洗干净，如有损坏短少，

应及时报告老师并登记。

2. 整理实验记录，认真书写并按时交实验报告。

三、实验报告的要求

实验报告是对实验的全面总结，书写实验报告应注意文字简练、通顺、清楚、整洁、正确使用标点符号，每次书写实验报告的要求有：①注明姓名、班、组、学号、实验日期；②实验号数和题目；③实验目的；④实验对象；⑤实验方法和步骤，如《实验指导》书中有详细叙述的可简写见《实验指导》某页，如《实验指导》中没有的则要详细叙述。⑥实验结果。应将实验过程中所观察到的现象，实事求是地准确地描述，将记录曲线进行加工、整理、剪贴。定量资料要注明国际通用的单位及数值，并进行一般统计学处理。有的结果可绘制统计图、表来表示。⑦讨论或分析。实验结果的讨论，是根据已知的理论知识对结果进行解释和分析，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的原因。在本次实验中如发现尚有遗留而未解决的问题，应该指明，并尽可能对这些问题的关键所在提出意见。⑧结论。实验结论是从实验结果中归纳出一般的概括性的判断，也就是本次实验所能验证的概念、原则或理论的简明总结。结论中一般不要罗列具体的结果，也不要写出在实验结果中未能做到充分证据的理论分析（表绪-1）。

表绪-1 生理学实验报告

姓名.....班次.....组别.....日期.....室温.....气压.....

题目.....

目的.....

对象.....

方法与步骤.....

结果.....

讨论.....

结论.....

四、实验室守则

1. 实验前应充分预习本次实验的内容，不预习者，不得进行实验。

2. 遵守学习纪律，不迟到，不早退；实验时因故外出或早退应向指导教师请假。

3. 实验时必须严肃认真地工作，不得进行任何与实验无关的活动。

4. 保持实验室安静，讲话不得影响他人实验。运动负荷 实验中，观察者不许干扰受试者。

5. 实验室内各组器材由各组自己使用，不得与他组调换，以免混乱，如遇器材损坏或机件不灵，应立即报告指导教师或实验员，以便修理或更换。

6. 爱护公共财物，注意节约各种实验用品和水电。

7. 保持实验室整齐清洁，不需要的物品不要带进实验室。实验完毕，应将实验器材、用品和实验桌收拾干净，清点清楚，归还原处，不许随地乱丢。

第一章 常用的主要仪器设备

为了研究人或动物的生理活动，评定人体的功能能力，需要有专门的仪器设备。本书仅介绍几种常用的仪器设备，如运动负荷仪、电生理仪器、记录仪器和分析仪器等。

一、运动负荷仪

(一) 跑台 (平板机)

跑台 (treadmill) 是为受试者提供一定运动负荷的设备。配备有关仪器时，可作心功能、肺功能和能耗量的测定，也可作人体其他功能的测定，以及进行功能评定和训练等用。

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、及显示里程与计时等功能。

1. 主要工作原理及操纵台面板 (图 1-1)

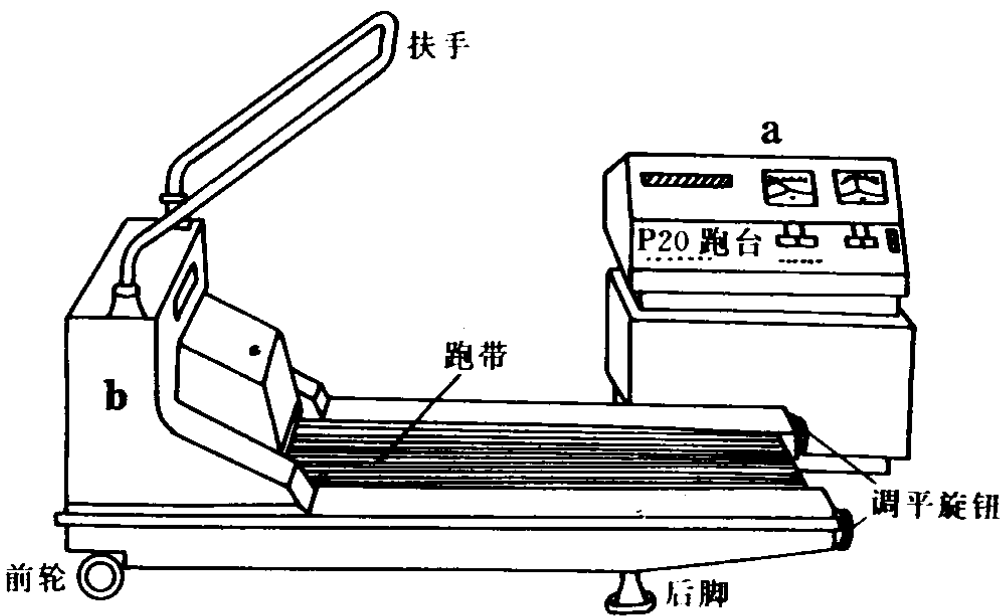


图 1-1 P20 型跑台

a. 操纵台 b. 跑动台

(1) 跑速控制：速度表 (speed) 指示可调范围 $4 \sim 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ，速度允许差 $\pm 5\%$ 。

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：所谓坡度，指的是跑台升起的高度与跑台长度之比，即跑台面与地面夹角的正弦值，以百分数表示。坡度表的升降指示 (slope) 刻度范围为 $0 \sim 25\%$ ，但实际的连续升降范围只在 $0 \sim 22\%$ ，误差范围 $\leq 1\%$ 。当坡度上升到大于 22% 或下降到小于 0% 位时，能自动停止。

坡度由齿轮等机械传动，通过电位器动臂转动，改变电流计的电流值，从而在坡度表的指针刻度表上显示出来。

(3) 里程和计时：为数码显示。里程计范围 $0 \sim 9999 \text{ m}$ ，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 1 m 。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 $0 \sim 99 \text{ min } 59 \text{ s}$ ，误差 $\leq 2\%$ ，有暂停复零功能。它由哈脱莱电路产生一个 200 Hz 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。

2. 操作方法

(1) 准备工作

①调节跑台后部两只轮脚，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，否则会损坏跑带。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。④检查升

降坡度控制是否正常。按下“▲”时坡度上升，按“▼”时应下降。⑤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 $4\sim 20\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 范围内连续可调。

注意事项：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，操作员将速度和坡度逐步加大试走几分钟，让受试者适应。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（注意事项：非万不得已，不可在高速下切断电源）。⑤关机，做好清洁工作，盖上防尘罩。

3. 使用跑台注意事项

受试者在运动前要作体检；上跑台运动要穿胶底运动鞋；运动时若有不适，应及时报告教师；速度过快（ $14\sim 16\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ）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，为检测提供作功的运动设备。与自动气体分析、心电图机、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（图1-2）。

现以 MONARK 829E 功率车为例简介。MONARK 829E 功率车。它是由电脑控制系统和机械装置两部分组成。机械装置主要是由脚蹬和车链驱动惯性轮旋转，同时制动皮带控制施加在惯性轮上的制动力，这个力的数值由摆锤指示。两个微处理机组成

电脑系统，它主要是手动控制器，通过键盘和显示器与操作者联系；主控制器控制线性马达以调节皮带的松紧，而控制制动力的大小。功率为 0~700W，按程序自动调节。

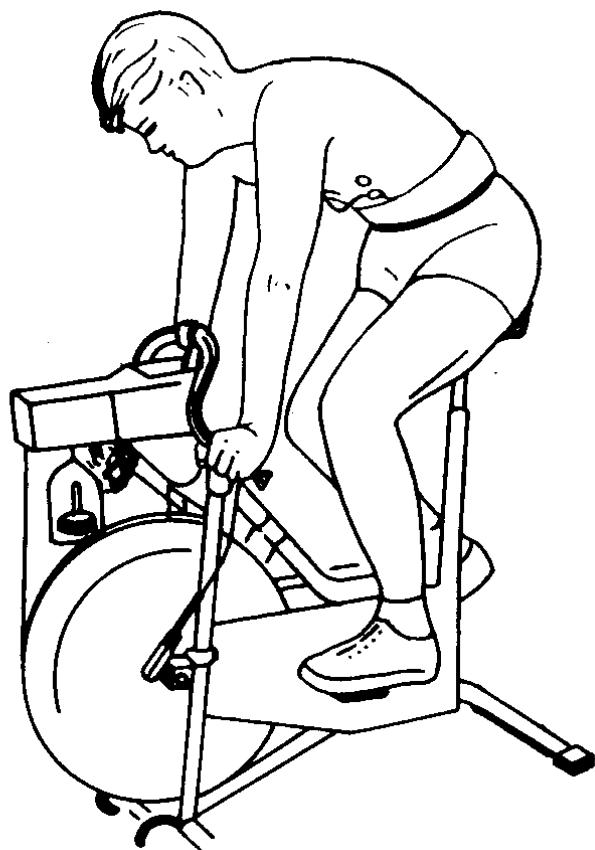


图 1-2 坐式自行车功量计

1. 计算机键盘的定义

RPM	每分钟转数
FORCE	负荷阻力
PROWER	负荷功率
START/STOP	启动/停止一个程序或时间清零
PISPAY	显示时间、能量消耗、距离和速度等
ENTER	输入或记录一个值
V	减小输入的值
^	增加输入的值

PROTOCOL	为受试者自动运行功率车程序
PROGRAM, PROTOCAL	编制（更改）程序
CLEAR	清除输入的数据
SERVICE	检查校准和进行功率车基本试验

2. 操作程序介绍

(1) HR TRAINER 程序：该程序是一种训练程序，通过调整负荷的方式以维持所要求的心率处于稳定状态。

(2) YMCA 程序：该程序依据“Y 式体能检查法”而设计，属亚极限负荷测试。

(3) ASTRAND 程序：该程序是测试运动员在亚极限运动负荷时的稳态心率，推算出最大吸氧量。

(4) BRUCE 程序：属于多级负荷极限测试，换算成最大吸氧量。

(5) NAUGHTON 程序：是一个 2min 增量测试，求出最大吸氧量。

(6) INCREMENTAL 程序：是包括一系列随着时间而不断增加的负荷。在该程序控制下，受试者可在功率车上进行最大负荷训练，测出最大吸氧量。

(7) RAMP 程序：与 INCREMENTAL 程序相似，但级差极小，用以测定受试者在无氧代谢中血乳酸无明显增加的情况下，所完成的最大负荷。

(8) MANUALLY TIMEP 程序：该程序是一种自动系列负荷，最大吸氧量是从完成最后负荷练习的氧耗量中预测而来，同时也是一个很好的综合训练程序。

(三) 台阶

台阶为实验室条件下的负荷器械之一。可进行定量负荷运

动，以测定其心率、肺通气量、吸氧量等生理功能的变化，也可进行运动训练和锻炼。台阶高度有 20、30、40、50cm 不等。进行台阶负荷时，应根据性别、年龄、身高、体重和实验目的要求，选用不同的台阶高度和上下台阶的频率。

上下台阶的频率由节拍器控制，节拍器的频率应为每分钟登台阶次数的 4 倍，即 4 拍为上下台阶算 1 次（“1”为左脚登上台阶；“2”为右脚登上台阶，身体直立台阶上；“3”为左脚落下；“4”为右脚落下）。

上下台阶时，动作应标准、规范，上台阶时不要把手放在大腿上向上支撑身体，两臂要自然摆动，双脚在台阶上站立时，身体应保持正直。

二、生理描记系统

通常用于记录动物生理活动的方法有两大类，一类是机械描记法，另一类是电子仪器描记法。前者如记纹鼓，后者包括示波器、二导生理记录仪等。

（一）记纹鼓描记系统

1. 记纹鼓

记纹鼓能记录伴有机械变化的生理现象，如肌肉的收缩活动。此外，血压的波动等，也可借助于传动装置，使之转换为机械变化而用记纹鼓记录下来。

（1）记纹鼓的结构和用法：记纹鼓的基本结构是由有动力装置的机座和能转动的圆鼓两部分组成，根据动力的不同，可分为弹簧记纹鼓和电动记纹鼓。

①弹簧记纹鼓。弹簧记纹鼓以发条为动力，形式多样，最常用的一种如图 1-3 所示。机座的主要部件是发条和齿轮，机座的侧边有上紧发条的钥匙，座盘上面有可供控制慢鼓的开关和调节鼓转速的粗调节器。启动开关可使鼓轴转动，从而使固定在鼓