

# 生理学 实验指南

## 内 容 简 介

本书译自美国阿华大学医学院生理学实验教材。包括基本原理和各生理系统的基础实验,普遍采用了较先进的精密仪器,有助于改革生理学教学的参考。附录收入实验数据的处理方法简介。全书收入的实验有代表性、先进性,密切配合教学,操作简便,材料易得。供大专院校生理学实验课作参考教材用,对生理学科学研究工作亦有参考价值。

### 生理学实验指南

B. A. Schottelius

[美] J. D. Thomson 著

D. D. Schottelius

解景田 等译

---

南开大学出版社出版

(天津八里台南开大学校内)

新华书店天津发行所发行

天津宝坻牛家牌印刷厂印刷

---

1987年9月第1版 1987年9月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 7.125

字数: 177千 印数: 1—3,350

ISBN7-310-00037-4/Q·2 定价: 1.45元

## 译者的话

本书原版系美国衣阿华大学医学院生理学实验教材，基本反映了美国近几年大学生理学实验的水平。

随着科学技术的发展，大量高精度的电子仪器进入生理学实验室，为生理学实验的革新提供了有利条件。本书的实验较为普遍地采用了先进的精密仪器，可为我国生理学教学的革新提供有益的参考和借鉴。

本书共十章，除一般生理学实验指导书所共有的神经-肌肉、神经系统与感官、血液、心血管、呼吸、消化和代谢、内分泌和泌尿以外，还设有生理学一般原理一章，把表面张力、扩散、渗透和主动运输等基本生理学原理列入实验，颇具特色。在附录一章中，把简易统计学处理和生理学图的绘制方法列入，很有参考价值。本书内容全面，可作为综合性大学、师范院校生物系、医学院、农学院、体育院校基础课生理学实验的参考教材，对生理学科研究也有一定参考价值。

由于译者水平有限，经验不足，不当之处望各校师生和读者指正。

1988年于南开大学

## 序

这一版再度证明我们的信念，这就是学生在实验室的操作，对他们理解基本生物学现象有很大帮助。实验的成功（甚或偶尔的失败）可以帮助学生透过教科书中所提及的某些“事实”探索其本质。当然，实验观察并非实验本身的终结，这些观察必须和学生从阅读和讲课中所获得的知识联系起来。为此，我们在每个实验末提出了一些问题，希望这些问题能激发学生的思考，并对他们学习生理学原理有所帮助。

本书中的实验是多种多样的，并且不打算配合任一特殊的课程顺序。因为在实验课中，无论是时间、设备以及重点上都存在差异。在这一版的准备过程中，我们曾参照学生的反馈，对上版中的许多实验进行了重大的修改，有些实验删去了，一些新的实验补充进来。这一版中所包括的全部实验都是经过验证的。我们相信对于一个基础课的教师来讲，本书提供了足够的有用材料。

实验按照基本概念和重要的器官系统分类。许多重点内容放在人体实验中，相信这种实习对学生来说更为适合，更具有趣味性。有些实验相对简单一些，另一些实验则是精心设计、并具有相当难度的。我们建议不要死搬硬套这本书，指导教师可以自由地进行补充和修改。例如，某些费时较多的实验，可以作为课外自选项目。

由于许多实验可以自由地选择经典技术或现代电子记录仪器，在很多情况下，实验程序常常需要简单地加以描述，以便学生能正确地使用各种记录装置。在附录D中，介绍了电子记录仪

器的原理；在另一些附录里，我们提供了有用的图表和曲线；在附录E中所提供的数据处理方法可帮助学生科学地使用格式来报告数据。

我们感谢Karan Paubo女士和 Anne-Marie 女士在多方面的材料安排上所提供的帮助。

B.A.S.

J.D.T.

D.D.S.

(解景田 译)

# 目 录

|                                                       |        |
|-------------------------------------------------------|--------|
| 学生注意事项                                                | ( 1 )  |
| 一般原理                                                  | ( 3 )  |
| 1. 表面张力                                               | ( 3 )  |
| 2. 扩散作用                                               | ( 6 )  |
| 3. 渗透作用——水透过膜                                         | ( 9 )  |
| 4. 主动转运——钠穿过蛙皮的运动                                     | ( 13 ) |
| 神经-骨骼肌                                                | ( 18 ) |
| 5. 神经的生物电                                             | ( 18 ) |
| 6. 骨骼肌刺激与反应的关系                                        | ( 23 ) |
| 7. 骨骼肌的机械活动                                           | ( 26 ) |
| 8. 肌肉做功的能力                                            | ( 32 ) |
| 9. ATP、 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Mg}^{2+}$ 在肌肉收缩中的作用 | ( 35 ) |
| 10. 肌肉的收缩性——钾和钙的作用                                    | ( 41 ) |
| 神经系统和感受器                                              | ( 46 ) |
| 11. 脊髓反射                                              | ( 46 ) |
| 12. 肌梭                                                | ( 49 ) |
| 13. 姿势反射                                              | ( 53 ) |
| 14. 视觉                                                | ( 55 ) |
| 15. 听力                                                | ( 60 ) |
| 血液                                                    | ( 63 ) |
| 16. 血液：血细胞比容、凝血时、出血时和血型                               | ( 63 ) |
| 17. 血液：血红蛋白、沉降率、渗透平衡(溶血和皱缩)、                          |        |

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 凝集和生物学溶血·····                   | ( 68 ) |
| <b>心血管系统</b> ·····              | ( 75 ) |
| 18. 外用循环: 皮肤血管的反应, 静脉充血的影响····· | ( 75 ) |
| 19. 心肌的特性: 心脏的控制·····           | ( 79 ) |
| 20. 人类心脏的电活动——心电图·····          | ( 83 ) |
| 21. 离子平衡与心脏的活动·····             | ( 87 ) |
| 22. 心血管的调节: 锻炼、重力和寒冷·····       | ( 90 ) |
| 23. 心率: 呼吸和姿势的影响·····           | ( 95 ) |
| 24. 血压和心率的控制·····               | ( 97 ) |
| <b>呼吸系统</b> ·····               | (104)  |
| 25. 呼吸运动·····                   | (104)  |
| 26. 呼吸的容量·····                  | (107)  |
| 27. 呼吸的动力和死腔的容量·····            | (110)  |
| 28. 影响呼吸的因素·····                | (115)  |
| <b>消化系统和新陈代谢</b> ·····          | (119)  |
| 29. 内脏平滑肌的离子和神经调节·····          | (119)  |
| 30. 内脏平滑肌的神经和体液调节 (在体) ·····    | (123)  |
| 31. 胆汁的生成和特性·····               | (127)  |
| 32. 小肠内单糖的吸收·····               | (130)  |
| 33. 基础代谢·····                   | (136)  |
| 34. 生理效率——氧债·····               | (139)  |
| <b>内分泌系统</b> ·····              | (145)  |
| 35. 甲状腺对碘的吸收·····               | (145)  |
| 36. 雄性生殖系统的内分泌调节——去势的影响·····    | (152)  |
| 37. 雌性生殖周期的内分泌调节——妊娠试验·····     | (156)  |
| <b>肾脏系统</b> ·····               | (160)  |
| 38. 尿生成的调节·····                 | (160)  |
| 39. 水转运的激素调节 (蟾蜍膀胱) ·····       | (165)  |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 附录.....             | (170) |
| A. 专用图表 .....       | (170) |
| B. 实验技术 .....       | (173) |
| C. 用品和设备 .....      | (178) |
| D. 生物学仪器 .....      | (193) |
| E. 数据处理：统计和图解 ..... | (199) |
| F. 实验器材来源 .....     | (207) |
| G. 单位换算表 .....      | (213) |

## 学生注意事项

生理学实验的目的是学习生命机体的机能。虽然本书中的许多实验，既包括无生命的材料，也包括你自己以及你的同学，但另一些实验则选用某些生物标本。这些生物标本失去了保持内环境稳定的能力，因此在使用时，如果对他们的状况未给予应有的重视，将是不明智和不道德的。

在开始实验室工作时，应持正确的态度安排实验，并勇于与指导教师自由地交换意见。在完成了充分的事先准备之后，你所花费的实验时间将是最有效的。在进入实验室之前，需要仔细地阅读实验指导，并且认真地把实验结果与听课或教科书中的指定内容联系起来。

为了获得对于所花费的精力和时间收效相当的实验经验，在认真实验的同时，适当地进行记录是必要的。这些记录在考试复习中将很有价值。

很多实验需要作图，每个同学应该作出安排，以便保存这些记录。必须指出的是，在某些情况下，你可能得不到任何记录；而在另一些情况下，所得到的记录未必是满意的。一般地说，失败是由于在有关技术方面缺乏经验。一旦发生这种情况，建议你准备一个草图或复制一个典型的记录，以便进行说明和讨论。

在某些实验中需要使用药物，由于一些药品的作用很强，每个学生都必须特别注意。如果给予的剂量过大，就可能杀死动物，过早地结束实验。下面是动物实验规则，学生们应加以注意。

## 动物实验规则

1. 对实验室的动物务必精心照料，使它们得到肉体上的舒适。对它们需有良好而适宜的喂养，并尽可能保持它们卫生的环境条件。

2. 在没有负责教师核准的情况下，决不要在动物体上施行手术。指导教师有责任认真地估计问题的严重性以及正确地解决这些问题。

3. 任何一项手术都能引起比麻醉时更大的不适，因此，必须使动物不感到疼痛，并维持这种状态至手术结束。

4. 在实验结束时，除非需要延续动物的生命以便测定实验结果，必须无痛地处死动物。如果实验要延续，手术必须采取无菌措施。在恢复期间，要尽可能地把动物的不适减少到最低限度，犹如在医院里对待病人那样。

(解景田 译)

## 一般原理

### 实验1 表面张力(surface tension)

当水滴在大气中降落或肥皂泡在空气中飘浮时，何以会倾向于球形？这一现象可用表面张力来解释。**拉普拉斯表面定律** (Laplace's Law of surface) 确立压力、表面张力和表面曲率半径之间的关系。就圆球（例如肥皂泡）而言，泡里的压力等于表面张力的两倍除以球半径（即  $P = 2T/r$ ， $P$  = 压力， $T$  = 表面张力， $r$  = 圆球的半径）。球的半径越小，表面张力就越大。在许多现象中，包括呼吸时肺泡的扩张和缩小，表面张力起着重要的作用。

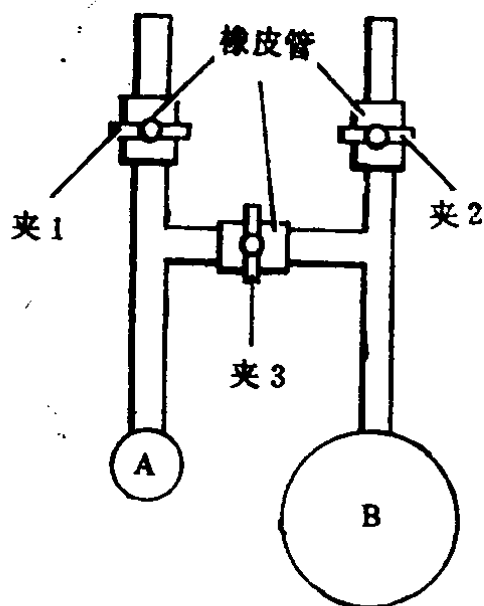


图1-1 拉普拉斯表面定律的演示装置

## 器 材

- |         |            |
|---------|------------|
| 1. 水银   | 5. T形玻璃管2个 |
| 2. 细金属丝 | 6. 橡皮管     |
| 3. 细纱线  | 7. 螺旋夹3个   |
| 4. 肥皂溶液 |            |

## 程 序

### 1. 表面张力的演示

a. 在滤纸上放一滴水银，观察所发生的变化。用一滴水代替水银重复操作。

b. 做一带柄可抓握的直径为10~15厘米的金属丝环，环内挂上一层肥皂液薄膜，在肥皂液薄膜上放一细线环。

c. 戳破细线环内的薄膜。

### 2. 拉普拉斯表面定律的演示

参阅图1-1。打开夹1，关闭夹3，将H形管两下端浸入肥皂液中，在管的底端吹出一小气泡（A）；关上夹1，打开夹2，在H形管另一底端吹出一较大的气泡（B）；关上夹2，然后缓缓打开夹3，则两个气泡沟通。

## 观 察

### 1. 表面张力的演示

a. 水银滴和水滴在滤纸上的表现各异，试解释。在何种情况下，它们的表现相同？

b. 试述肥皂液薄膜上细线圈的形态。

c. 试述戳破细线圈内薄膜后，细线圈形态发生的变化。

在b和c所见的线圈形状各异，试解释。

## 2. 拉普拉斯表面定律的演示

当用管道系统联通两个大小不同的肥皂泡后，观察它们大小的变化。

### 问 题

#### 1. 表面张力的演示

a. 当水从垂直的移液管口流出时，在其底端形成圆形水滴。水滴的大小是由什么因素决定的？

为什么一滴乙醚要比一滴水小？

b. 怎样改变表面张力的大小？

c. 试举例说明，油怎样降低水的表面张力。

#### 2. 拉普拉斯表面定律的演示

a. 由管道联通两个不同大小的肥皂泡，其中A泡的直径为1厘米，B泡的直径为3厘米。假设  $\widetilde{P} = 2\widetilde{T}/\widetilde{r}$ ， $\widetilde{P}$  = 压力， $\widetilde{T}$  = 表面张力（例如30达因/厘米）， $\widetilde{r}$  = 气泡的半径（厘米）。问A泡内的压力多大？B泡内的压力又是多少？哪个的压力大？

b. 哪一个气泡的体积增大？

c. 解释你在实验的第二部分所观察到的现象。

## 实验2 扩散作用 (diffusion)

---

在活的机体中，扩散对物质的定向转运起重要的作用。它参与气体交换、某些物质的吸收及某些废物的排泄过程。在机体内，扩散可发生在气体、液体、膜的穿透及细胞质中。由于凝胶体（例如琼脂）被视为类似原生质的物质，某些肉眼可见的物质（例如染料）通过凝胶体的扩散作用就可用来说明扩散活动的某些现象。许多因素可以影响扩散的速率，而这些因素可用费克定律 (Fick's law) 来表示：

$$Q = DA (C_1 - C_2)$$

上式中， $Q$ 为扩散速率， $D$ 为扩散系数， $A$ 为扩散发生的横截面积， $C_1 - C_2$ 为浓度梯度。扩散系数为一常数，取决于该体系的某些物理因素，例如温度、扩散物质的分子量及分子扩散所通过物质的特性。本实验通过改变这三种物理因素来说明它们对扩散速率的作用。

### 器 材

- |                                           |                  |
|-------------------------------------------|------------------|
| 1. 10毫升试管8个                               | 4. 软木塞钻孔器（直径5毫米） |
| 2. 琼脂溶液（0.5%，2.0%）（2号离子琼脂见附录F）            | 5. 5毫升量筒2个       |
| 3. 0.1M重铬酸钾（分子量 = 294）水溶液及曙红 Y（分子量 = 691） | 6. 热金属板（电炉）      |
|                                           | 7. 滴管            |
|                                           | 8. 厘米尺           |
|                                           | 9. 试管架2个         |

## 10. 冰箱

### 程 序

1. 称量2号离子琼脂，制备20毫升浓度分别为0.5%和2.0%的2号离子琼脂蒸馏水溶液。煮沸至琼脂溶解。趁琼脂溶液尚未冷却凝固之际，在4个试管内各注入5毫升0.5%的琼脂溶液，另4个试管内分别注入5毫升2.0%的琼脂溶液。注意，注入时勿形成气泡。放凉待用。

2. 试管内琼脂冷却后，用软木塞钻孔器（直径5毫米）从琼脂表面钻一深为15毫米的孔。将有色溶液按下述要求注入各孔到半满：

0.5%琼脂：两个试管装重铬酸钾溶液，两个试管装曙红Y溶液。

2.0%琼脂：两个试管装重铬酸钾溶液，两个试管装曙红Y溶液。

记录装入的时间。将试管置于试管架上，将其中一组（每种浓度的两种颜色为一组）放在室温环境（记下温度），另一组放在冰箱内（记下温度）。

3. 48小时后，将试管置于白色背景前观察测量。

### 观 察

1. 按下述要求观察每一试管

a. 自孔的底部测量染料进入琼脂的深度（毫米）（近似值，因为外缘可能不清晰）。

b. 将测出的结果填入下表：

| 扩散分子   | 重铬酸钾(分子量=294) |    |      |    | 曙红Y (分子量=691) |    |      |    |
|--------|---------------|----|------|----|---------------|----|------|----|
| 琼脂浓度   | 0.5%          |    | 2.0% |    | 0.5%          |    | 2.0% |    |
| 温度(℃)  | 室温            | 低温 | 室温   | 低温 | 室温            | 低温 | 室温   | 低温 |
| 距离(毫米) |               |    |      |    |               |    |      |    |

经历时间=\_\_\_\_\_ 小时 \_\_\_\_\_ 分钟  
 室 温 = \_\_\_\_\_ °C; 低温 = \_\_\_\_\_ °C

### 问 题

1. 胶体物质有哪些物理特性？晶体物质又有哪些物理特性？
2. 什么是气体的动力学理论？
3. 凝胶细孔的大小对扩散速率有什么影响？
4. 扩散物质分子的大小对扩散速率有什么影响？
5. 温度对扩散速率有什么影响？

## 实验3 渗透作用 ( osmosis ) —— 水透 过膜

---

在身体不同部位液体中水的分布部分地取决于这些液体的溶质成分，因为大部分溶质通过细胞膜比较慢。水的含量丰富并具有通透性，在构成细胞和它所处的环境的渗透平衡中起重要作用。当细胞置于含水浓度与其原生质的含水浓度不同的溶液中时，细胞不是获得水就是失去水。溶剂直接穿过膜的过程称为渗透。本实验将证明，水透过膜的运动因膜两侧的溶质浓度不同所致。

### 器 材

#### 用于程序1

1. 短杆管玻璃钟罩
2. 1.2~1.5米长的细玻璃管
3. 烧杯
4. 滴定管夹
5. 透析纸 (或玻璃纸)
6. 30%和 60% 蔗糖溶液
7. 蓝墨水 (耐洗的)

#### 用于程序2

1. 带直角杆管的玻璃钟罩
2. 标有 0.01 毫升刻度的 0.1毫升移液管 (必须非常洁净,最好事先用王水洗涤)
3. 透析纸 (或玻璃纸)
4. 7.5%, 15%及30%的硫酸镁溶液
5. 无水酒精