

# 基于玻璃鱼模型探究酒精及烟草浸出液对心率影响的实验创新研究

赵小林 梁宇婷 韩芸熹 鲁婧 古永苓 鲁阿机莫 刘超\*

乐山师范学院生命科学学院, 中国·四川 乐山 614000

**摘要:**为破解中学生物教材经典实验“探究酒精或烟草浸出液对水蚤心率影响”存在操作难度大、观察精度低、材料获取难等瓶颈,本研究提出以玻璃鱼(*Danionella translucida*)替代水蚤,并采用手机显微成像技术进行心率监测的创新方案。实验通过梯度浓度酒精(5%、10%、15%)和烟草浸出液(0.1 g/L、0.2 g/L、0.4 g/L)处理玻璃鱼,定量分析其心率变化。酒精浓度 $\geq 10\%$ 时心率显著下降(15min内15%组心率64次/分,较初始值下降27.3%, $t=5.90>2.776$ );烟草浸出液0.4 g/L组心率降至39次/分( $t=52.18$ )。相比传统水蚤实验,本方案成功解决材料获取、观察精度和可重复性三大难题,实验成功率提升至95%,数据误差率降低至5%以下。表明,该改进方案显著增强实验的直观性与互动性,学生参与度显著提高,能促进学生实践操作能力提高和参与实验改进科学思维养成。

**关键词:**水蚤;玻璃鱼;心率;实验改进

## Innovative Research on the Experiment of ‘Exploring the Effects of Alcohol and Tobacco Extract on Heart Rate’ Based on the Glass Fish Model

Zhao Xiaolin, Liang Yuting, Han Yunxi, Lu Jing, Gu Yonglin, Lu Ajimo, Liu Chao\*

School of Life Science, Leshan Normal University, China Sichuan Leshan 614000

**Abstract:** In order to solve the problems of difficult operation, low observation accuracy, and difficult material acquisition in the classic experiment of exploring the effect of alcohol or tobacco extract on the heart rate of water fleas in middle school biology textbooks, this study proposes an innovative solution of replacing water fleas with glass fish (*Danionella translucida*) and using mobile phone micro imaging technology for heart rate monitoring. The experiment quantitatively analyzed the changes in heart rate of glass fish treated with gradient concentrations of alcohol (5%, 10%, 15%) and tobacco extract (0.1 g/L, 0.2 g/L, 0.4 g/L). When the alcohol concentration is  $\geq 10\%$ , the heart rate significantly decreases (within 15 minutes, the heart rate of the 15% group is 64 beats per minute, a decrease of 27.3% from the initial value),  $t=5.90>2.776$ ; The heart rate of the tobacco extract 0.4 g/L group decreased to 39 beats per minute ( $t=52.18$ ). Compared with traditional water flea experiments, this scheme successfully solves the three major problems of material acquisition, observation accuracy, and repeatability, with an experimental success rate increased to 95% and a data error rate reduced to below 5%. This indicates that the improvement plan significantly enhances the intuitiveness and interactivity of the experiment, significantly increases student participation, and can promote the improvement of students' practical operation ability and the cultivation of scientific thinking in participating in experimental improvement.

**Keywords:** Water flea; Glass fish; Heart rate; Experimental improvement

## 0 引言

国家《关于加强中小学实验教学的意见》明确提出需开发“现象直观、操作安全”的实验项目<sup>[1]</sup>。初中生物课程标准将“探究有害物质对生物的影响”列为必修实验。在八年级生物教材“选择健康的生活方式”设计“酒精或烟草浸出液对水蚤心率的影响”探究实验,目的在于帮助学生直观感受吸烟或饮酒等不良生活行为对人类健康的影响。教材中选择水蚤为实验材料,因水蚤体型微小(体长1~3 mm),移动速度快,心脏仅0.2~0.5mm,导致肉眼观

察误差较大<sup>[2]</sup>;水蚤存活需18~22℃恒温及藻类饲料,生命周期短,每次实验需要数百只水蚤,西部多数学校获取不易,引发生态伦理争议<sup>[3]</sup>;心率快且对显微镜依赖性强,增加了操作难度,导致观察和数据采集困难,重复性差。有学者采用草履虫代替,但因移动速度过快,依然存在观察困难<sup>[4]</sup>;香烟烟雾法虽提升直观性,但装置复杂且污染实验室空气<sup>[5]</sup>;改用专业心率软件成本高昂,难以普及<sup>[6]</sup>。

本研究改用体长2~3cm,心脏可见的透明玻璃鱼作为替代材料,结合4K手机显微成像技术,对实验的直观性

与可操作性进行探索。

## 1 实验方法

### 1.1 材料及仪器

生物材料：玻璃鱼（体长  $3 \pm 0.3$  cm，健康活跃）从观赏鱼市场购置，实验室驯养）。

化学试剂：无水乙醇、蒸馏水、利群牌香烟（焦油量 10mg/支、烟气烟碱量 1.0mg/支、一氧化碳 11mg/支，移除滤嘴）。

主要器具：透明玻璃试管、智能手机（支持 4k 录像，带支架）、计时器等。

### 1.2 实验方案

#### 1.2.1 溶液的制备

不同浓度酒精：取无水乙醇，用蒸馏水配制 5%、10%、15% 梯度溶液。

不同浓度烟草浸出液：烟丝 10g 经研磨后加入 100mL 蒸馏水浸泡 24h，过滤得母液（1g/L），稀释为 0.1 g/L、0.2 g/L、0.4 g/L。

#### 1.2.2 心率的监测

预处理：将玻璃鱼置于盛有清水试管中，静置 5min 以适应环境。用少量脱脂棉以限制玻璃鱼活动。

初始心率：调节手机支架高度，使摄像头与玻璃鱼齐平后启动手机拍摄（图 1）心跳视频。回放逐帧计数初始心率（次/分钟）取 3 次平均值。当玻璃鱼的心率误差小于 5% 继续后续实验。



图1 智能手机视频记录心率的变化

处理组心率监测：将玻璃鱼分别转移至酒精浓度分别为 0（蒸馏水）、5%、10%、15% 的试管中，浓度为 0（蒸馏水）、0.1g/L、0.2g/L、0.4g/L 烟草浸出液的试管中，于 5min( $T_0$ )、10min( $T_1$ ) 和 15min( $T_2$ ) 处同样方法监测心率。

## 2 实验结果

### 2.1 不同浓度酒精对玻璃鱼心率的影响

#### 2.1.1 基础数据

基于表 1 数据，本研究通过 0%、5%、10%、15% 酒精溶液处理玻璃鱼，系统观察心率动态变化。

蒸馏水对照组：在清水对照组（0% 酒精）中，玻璃鱼心率保持稳定，5min 至 15min 时段的心率分别为 117、118、116 次/分，心率稳定于 117 次/min（15min 内标准差 <1.5 次），验证实验环境可控性。

低浓度组（5%）：心率呈阶梯式下降（117 → 105 → 88 次/min）， $p=0.0636$  提示未达统计学显著性，但挣扎行为持续 3min 后转为平静，反映亚致死刺激。

中高浓度组（10%-15%）：10% 组心率骤降至 76 次/min（ $p=0.0367$ ），与 5% 组存在显著差异（t 检验  $p<0.05$ ）；15% 组心率降幅达 45.3%（117 → 64 次/min），挣扎强度与持续时间显著增加，提示神经抑制效应。

#### 2.1.2 实验剂量-效应关系分析

（1）浓度依赖性抑制：心率下降幅度与酒精浓度呈正相关，15% 酒精组的最终心率仅为清水组的 55.2%，表明高浓度酒精对心脏功能的抑制作用更强。

（2）时间累积效应：各浓度组的心率下降速率随暴露时间延长而加快，尤其在 10-15 分钟时段降幅最显著，提示酒精的毒性作用具有时间依赖性。

结论：酒精通过浓度依赖性机制抑制玻璃鱼心率，且效应随浓度升高和时间延长而增强 10% 以上浓度产生显著生理效应，与透明体鱼作为模式生物的优势相符。同时警示人类酒精摄入需控制剂量与时长。

表1 酒精溶液对玻璃鱼心率的影响

酒精浓度	$T_0$ 心率 (次/分)	$T_1$ 心率 (次/分)	$T_2$ 心率 (次/分)	变化率	统计学显著性 (t值)
蒸馏水	$117 \pm 2.1$	$118 \pm 1.9$	$116 \pm 1.8$	-0.9%	$t=0.32$ (不显著)
5%	$110 \pm 3.2$	$105 \pm 2.4$	$88 \pm 2.5$	-20.0%	$t=2.40$ (不显著)
10%	$105 \pm 2.8$	$100 \pm 3.0$	$76 \pm 3.1$	-27.6%	$t=2.79^*$ ( $p < 0.05$ )
15%	$88 \pm 3.5$	$76 \pm 2.8$	$64 \pm 2.9$	-27.3%	$t=5.90^*$ ( $p < 0.01$ )

### 2.2 不同浓度烟草浸出液对玻璃鱼心率的影响

基于表 2 的数据，烟草浸出液对玻璃鱼心率有显著的剂量和时间双重抑制效应。抑制作用随浓度升高而增强（0.4g/L > 0.2g/L > 0.1g/L > 0g/L），心率降低主要发生在处理前 5 分钟（下降最快），处理 15 分钟后，心率下降速率减缓。除心率下降外，高浓度组玻璃鱼在处理初期（心率显著下降前）出现行为异常（撞击试管壁、乱摆鱼尾），表明烟草浸出液具有急性毒性刺激。所有实验浓度（0.1g/L、0.2g/L、0.4g/L）与对照组（0g/L）相比，均引起玻璃鱼心率发生统计学上的显著性下降（ $P < 0.05$ ）。

结论：烟草浸出液对玻璃鱼心脏功能具有剂量依赖性的毒害作用，表现为快速且显著的心率抑制，并伴随行为异常。同时警示人类需控制烟草剂量与时长。

表2 烟草浸出液对玻璃鱼心率的影响

烟草浸出液	T <sub>0</sub> 心率 (次/分)	T <sub>1</sub> 心率 (次/分)	T <sub>2</sub> 心率 (次/分)	变化率	统计学显著性(t值)
蒸馏水	115 ± 1.9	117 ± 2.1	118 ± 2.2	+ 2.6%	t=1.10(不显著)
0.1g/L	78 ± 2.4	85 ± 2.3	76 ± 3.0	- 2.6%	t=12.89*(p < 0.05)
0.2g/L	60 ± 2.1	57 ± 2.4	55 ± 2.8	- 8.3%	t=57.33*(p < 0.05)
0.3g/L	43 ± 3.2	41 ± 2.5	39 ± 2.5	- 9.3%	t=52.18*(p < 0.05)

### 3 结果分析与比较

中学生物教材“探究酒精或烟草浸出液对水蚤心率的影响”实验设计中采用水蚤为实验材料并给定计划建议。对广大中学教师和学生开展这个实验的过程中，由于水蚤体长在 0.2 毫米到 5 毫米之间，肉眼可见为移动的小点，主要以滤食单细胞藻类（如硅藻、绿藻）、细菌、有机碎屑、酵母菌等为食物，在水中跳跃式前进，造成对水蚤的采集和富集培养比较困难，心脏的观察也不容易，需要借助显微镜进行观察，在显微镜中很难发现水蚤的身影，因此要通过水蚤为材料进行实验不能达到理想的实验效果。

#### 3.1 选择玻璃鱼与水蚤实验的比较优势

本实验研究选用了身体体积大于水蚤的玻璃鱼具备和水蚤相同的身体透明，能够从体外观察到心脏的跳动的优点，选用玻璃鱼和方法的改进优点更加突出。

观察的便捷性：水蚤实验需要高倍显微镜不断调整视野来观察，操作难度大，心脏的识辨率较低；采用玻璃鱼为实验材料，肉眼可以观察，借助手机回放心率的识辨率可达 100%，降低了实验观察的难度，避免了瞬时计数误差，提高了数据记录的及时性和真实性。

数据的稳定性：由于水蚤在不同的环境中，受个体大小的影响，心率在 180~360 次/分之间波动，不利于数据的统计；而玻璃鱼在实验室驯养后，心率稳定 115~118 次/分之间，容易进行数据统计。

实验的重复性：水蚤实验的重复性较低，仅仅在 30~70% 之间；而玻璃鱼为材料不同时期，不同操作者可重复率达到 95% 以上。

生命的伦理性：水蚤实验每次需要消耗大约 200 只，对环境生物的破坏；而玻璃鱼实验后可以重新放归养殖系统，符合动物福利原则。

### 3.2 与其他改进的比较优势

材料易得性：可观赏鱼市场获取玻璃鱼，适合课堂教学。草履虫等材料解决了存活问题，个体微小、培养周期长，材料获取难<sup>[4]</sup>。贵州爬岩鳅、白玉蜗牛等虽然个体大、心跳易观察，简化了操作（无需固定和借助显微镜），成功率高，但其材料来源困难，不适用于常规教学<sup>[4,7]</sup>。

成本低廉性：仅仅需要智能手机，设备普及率 100%。

缩短实验时长：单次实验可在 30min 内完成。

方案科学化：以蒸馏水为对照，三次重复实验减少误差，经显著性分析确保结果可靠。

### 4 结语

通过玻璃鱼替代水蚤和手机显微成像代替肉眼观察双轨创新，成功突破传统实验水蚤采集困难，心脏可视度低，误差率大和不能循环再利用的痛点。

实施对照实验设计和引入智能手机视频回放计数法可以增强学生的参与度，提升对“选择健康生活方式”理论的理解和认识，赋予学生决策健康生活的社会责任感<sup>[8]</sup>。本实验的改进思路和方法能启迪学生的科学思维和训练科学探究技能，也能促进教师的教育教学职业发展，为中学生物实验教学提供可推广、易复制的创新范式。手机技术的引入，提升了学生信息处理能力，未来将通过 AI 技术集成与虚拟仿真，进一步优化实验的精准性和普适性。

#### 参考文献：

- [1] 许撑娥. 初中生物学实验教学中学生科学探究能力的培养[D]. 延安大学.2022.
- [2] 戴梦琳. 基于生物学学科核心素养的实验改进—以“酒精或烟草浸出液对水蚤心率的影响”为例[J]. 中学生物学, 2023,(10):60-61.
- [3] 黄玲.“烟草浸出液对水蚤心率的影响”实验改进与创新[J]. 中学生物学, 2023, (12): 65-66.
- [4] 李霞, 梁筱雨, 韦润楠等.“酒精或烟草浸出液对水蚤心率的影响”实验改进[J]. 中学生物学, 2022, (25):48-50.
- [5] 张雪玲.“酒精或烟草浸出液对水蚤心率的影响”探究实验的拓展[J]. 中学生物学, 2007, (8): 36-37.
- [6] 彭黎, 李霞, 高诗韵等.“酒精或烟草浸出液对水蚤心率的影响”实验改进[J]. 中学生物学, 2021, (10): 56-57.
- [7] 李学, 徐汛峰, 杨黎.“烟草浸出液对水蚤心率的影响”的拓展改进[J]. 实验教学与仪器, 2024, 41 (7): 72-74.
- [8] 裘欣, 程彬, 姜彩霞等. 初高中学生吸烟状况及相

关社会心理因素分析[J]. 中国公共卫生, 2004,(11):126-127.

基金项目：大学生创新创业训练项目省级项目“STEM 理念下中学生物探究实验创新设计研究”（S202410649131）。

作者简介：赵小林（2001.11-），女，汉族，四川

泸州人，本科，理学学士，研究方向：从事生物学教学与研究。

刘超（1967.10-）男，汉族，四川仁寿人，教授，研究生，研究方向：从事生物学教学与研究。