

[编者按]

生物学实验教学是全面提升高校拔尖创新人才培养质量的重要一环,也是提升生物专业学生科学精神、实践能力和创新意识的关键阵地之一。本期聚焦生理学实验教学刊登两篇论文,从设计型实验教学研究角度探讨生物学实验教学质量提升路径,期望这些教学实践案例为广大高校教师提供参考和借鉴。

设计型实验模块在生理学实验教学中的探索与实践 ——以眼动实验为例

赵雪莹^{1,2}, 梅岩艾², 曹洋^{1,2} (✉)

1. 生物科学国家级实验教学示范中心(复旦大学), 上海, 200433

2. 复旦大学生命科学学院, 上海, 200433

摘要: 生理学及其实验是高等学校生物科学专业的主干课程。在生理学实验教学中,设计型实验教学模块鼓励学生自行提炼课题、自主设计实验方案、自主完成实验并分析数据,与经典的验证型实验相比,更侧重于对学生创新意识和科研能力的培养,是传统生理学实验教学必要的补充。眼动追踪技术操作相对简便、趣味性强,涉及的内容与日常生活密切相关,基于该技术开发的设计型实验教学模块兼具极强的可操作性与较好的现实意义,对本科生实验教学十分适用。设计型实验课程能够极大地激发学生主动学习的积极性,培养学生的创新能力与科研素质,在教学实践中取得了较理想的效果。

关键词: 生理学实验, 设计型实验, 眼动追踪技术

Exploration and Practice of the Design-Based Experimental Module in the Teaching of Physiology Experiments

——Taking the Eye Movement Experiment as an Example

ZHAO Xue-ying^{1,2}, MEI Yan-ai², CAO Yang^{1,2} (✉)

1. National Demonstration Center for Experimental Biology Education, Fudan University, Shanghai 200433, China

2. School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China

收稿日期: 2023-07-16; 修回日期: 2023-09-19

基金项目: 复旦大学教材建设重点研究基地建设项目(FD2020G003); 复旦大学本科教学研究与改革实践项目(课程思政)(FD2018D112); 复旦大学在线课程建设和教学改革项目(生理学实验)(2017ZX011); 复旦大学本科课程教材建设项目(生理学实验教程)(2019JCG109)

通讯作者: 曹洋, E-mail: yang_cao@fudan.edu.cn

生理学是研究生命体功能及其机制的科学^[1],是现代生命科学的重要分支,也是综合性大学生物科学专业学生的主干课程。实验教学作为生理学教学的重要组成部分,是沟通书本理论与具体实践的桥梁,对于帮助学生深入理解生命活动的规律与机制具有重要的意义^[2]。

基于此，笔者所在的教学团队多年来对生理学实验教学内容进行不断探索与改进，在进行经典的验证型实验以培养学生基本实验技能的基础上，增设了学生自主设计课题并开展完整研究的设计型实验教学模块，以生理学领域关注度较高且趣味性较强的眼动追踪技术为切入点，由学生根据生理学课程学习及日常生活中发现的眼动问题自行提炼课题，并在教师的指导下设计实验方案以寻求答案。完成实验后，教师进一步指导学生进行数据分析与整理，总结实验结论，最后在课堂上完成课题汇报。设计型实验教学模块的引入不仅提高了学生自主学习的兴趣及主动性，更致力于培养学生的创新意识及理论知识应用于实践的能力，多年来取得了很好的教学效果，获得了学生的广泛好评。

1 生理学实验课程教学难点

1.1 国内生理学实验教学现状

实验教学是综合性大学教育体系中培养学生创新能力和科研素质的重要环节，一方面能指导学生应用理论知识解决实际问题，另一方面引导学生从具体实验现象出发，探寻事件发生的理论原理与内在规律^[2-3]。以生理学实验而言，传统的教学模式常以经典动物验证型实验为主，主要包括蛙类坐骨神经-腓肠肌实验、神经干动作电位实验、离体心脏灌流、家兔呼吸运动的调节、动脉血压的调节、胃肠运动的观测和尿生成等实验，侧重于培养学生基本的实验操作技能和对生理学基础知识的应用与理解^[3-5]。相较而言，设计型教学模块更侧重于对学生创新意识和综合科研能力的培养，不但能有效激发学生主动学习的兴趣，更能极大地锻炼学生解决科学问题的能力，是传统生理学实验教学内容很好的补充。

然而，在实际的教学实践中，由于课时数、场地、教学经费等诸多限制，设计型实验常不得不依托经典的验证型实验展开，创新范围受到极大限制；或是仅仅开展设计型实验的自主选题与方案设计部分，学生无法完整地完课题研究全流程，对科研能力的训练不够系统^[3, 5-7]。为解决上述问题，笔者所在的教学团队多年来潜心研究，选取生理学研究领域关注度较高的眼动追踪技术为突破口，在教学

实验室建立起眼动研究实验平台，在此基础上开展基于眼动追踪技术的设计型实验教学。眼动研究具有原理简单、操作相对简便、数据易于分析等优点，兼具极强的应用型和趣味性^[8-9]，能够在有限的课时范围内完成相对完整的课题研究，用于本科生实验教学，既具有较强的可操作性，也具有较好的现实意义。

经过多年实践，设计型眼动实验的教学方法逐步完善，取得了较为理想的教学效果，受到了学生的广泛欢迎，有利于后期进一步实践与推广。

1.2 眼动实验技术原理及科学意义

人们在观察周围环境的过程中，大多数时候眼睛并非进行平滑、均匀地运动，而是停止（注视）与跳动（眼跳）相间。唯有眼睛停下来注视时，传入大脑的信息才会被处理，人才能真正看到实物传递的图像。人处于不同的场景，如阅读理解、图画观看、视觉搜索、模式识别等过程中，眼动会表现出不同的特点。通过眼动研究，不仅有助于理解视觉信息处理的内在机制，更能够帮助人们探索自身认知周围世界的具体方式^[10]。

眼动追踪技术是获取眼球运动信息的重要检测手段，近年来日益成为生理学、心理学等领域研究的热点^[8-9]。在人的认知实验中，常采用无接触、操作简便的红外光眼动检测设备来完成测试，其原理在于，先以肉眼无法看见的近红外光照射眼球，通过高速摄像机采集被试眼睛的图像，然后从图像中分辨出角膜反射的光线，从而判断出眼睛的位置，最终得到眼动的轨迹^[10]。通过进一步数据处理，可以了解各个注视点的位置、停留的时长、眼跳的距离等具体信息。本实验采用的正是红外光眼动检测法，基于 iView X 高速眼动仪建立起眼动研究实验平台，以供学生在课堂上使用。

2 眼动实验教学方案设计

在完成经典的验证型实验内容之后，本实验安排在第七次课程进行，总共占 18 个学时。首先，由教师向学生讲授眼动追踪技术的基本原理，提供相关的学习资料，并现场演示眼动仪的操作方式；然后，学生自由分成若干小组，基于眼动追踪技术

自拟课题(表1),自行完成实验方案设计,并在教师的指导下对实验方案进行不断优化;在第八、第九两次课上及课后业余时间,以组为单位利用眼动研究实验平台开展实验,完成数据分析与整理;第十次课上进行课题汇报,与教师及其他组学生就实验设计思路、结果分析、数据处理等各环节充分交流,促使学生对本组及其他组课题进行系统的学习与思考,进一步学习课题研究的思路与方法,提高科研创新能力。课后,采用教师评分与学生互评相结合的方式为每个课题评定成绩,最后由教师对每组的课题进行点评,提出改进意见。课程结束后,教师将所有的实验设计方案和实验报告装订成册,供以后的学生参考。

以自选课题“中文阅读材料对阅读中基本眼动行为的影响”为例,该组学生人数为3人,拟定课题后,学生认真阅读了教师提供的眼动追踪技术相关学习资料,并查阅了大量文献,实验方案设计如下:

本实验以眼动行为作为研究对象,将阅读中的

眼动行为特征(如注视时长和眼跳距离等)与阅读的认知加工过程相对应,进一步探索中文阅读材料的难度对眼动行为的影响,为阅读研究提供有效的生理指标。同时本实验预期探究不同题材汉语阅读中的眼动行为特征,初步揭示汉语阅读的特点。实验流程见图1。

3 眼动实验教学实践效果

3.1 学生实验结果与分析

学生以组为单位完成自选课题的实验操作,汇总数据进行整理统计,进一步对实验结果进行充分分析与讨论,完成课题的书面报告,并在课堂上进行汇报和交流。

仍以课题“中文阅读材料对阅读中基本眼动行为的影响”为例。该组学生挑选了三种不同主题的阅读材料,主题分别为“春天”“食物”“小说”,依次对应环境描写、感官描写、情节描写。在每一种主题中,根据罕见字出现频率以及词汇语法与现代白话文相似性设置易、中、难三种难度。每种主题下的三篇材料字数大致相同,均为170~180字。

对15名被试者的检测结果显示,以“春天”为主题的三段文本材料,平均注视时长为200~300ms,随着阅读难度的提高,平均注视时长有所增加,不同难度文本材料之间有显著性差异。三段文本材料眼跳距离为2~5个字,随着阅读难度的提高,眼跳距离缩短,不同难度文本材料之间同样具有显著差异(附图1)。

以“食物”为主题的三段文本材料,平均注视时长均为200ms左右,随着阅读难度的提高,平均注视时长略有增加,但不同难度之间没有显著性差异。三段文本材料眼跳距离为3个字左右,随着阅读难度的提高,眼跳距离缩短,其中,仅最易与最难的文本材料之间具有显著性差异,食物-易与食

表1 设计型眼动实验课题目录(部分)

课题名称	年份
字词顺序改变对汉语阅读影响的眼动规律研究	2021年
背景中条纹特性对文字识别的影响	2021年
教学课件背景颜色的眼动实验研究	2021年
中文阅读材料对阅读中基本眼动行为的影响	2019年
不同认知方式大学生受阅读文本干扰影响的眼动研究	2019年
平面广告排版方式对眼动的影响	2019年
利用眼动仪探究大学生理解中英文时的策略	2019年
转圈后眩晕之后的眼睛定位能力	2018年
眼动法探究大学生阅读方式实验报告	2018年
影响人眼识别马赫带效应的因素	2018年
探究阅读材料字号大小对阅读状态的影响	2018年

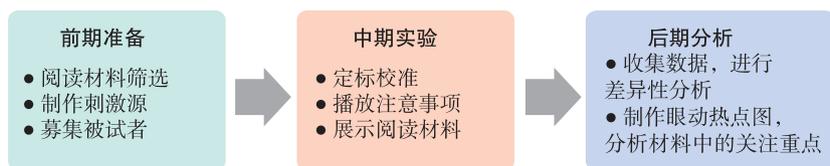


图1 自选课题“中文阅读材料对阅读中基本眼动行为的影响”的实验流程

物-中相比较的 P 值为0.0600, 食物-中与食物-难的 P 值为0.0593, 差异不具有显著性(附图2)。

以“小说”为主题的三段文本材料, 平均注视时长均为200 ms左右, 随着阅读难度的提高, 平均注视时长增加, 不同难度文本材料之间具有显著性差异。该主题三段文本材料眼跳距离为2~4个字, 随着阅读难度的提高, 眼跳距离逐渐缩短, 不同难度文本材料之间同样差异显著(附图3)。

综上所述, 随着阅读材料难度的增加, 阅读眼动的注视时长有所增加, 而眼跳距离相应缩短。这表明在阅读过程中, 每次注视获得的视觉系统能够加工处理的信息是有限的, 阅读的中文材料越难, 视觉信息处理(即注视)的时间越长, 视觉信息处理的范围(即眼跳距离)越小。

该组学生进一步分析了三个主题文本材料的眼动热点图, 分析结果显示, 以“春天”为主题的三段文本材料中, 读者主要关注名词, 对动词以及一些较为简单的字(如“了”“的”)关注较少, 基本以双字词为单位进行阅读。第三段(春天-难)由于是文言文, 且对仗较为工整, 因此读者对前后两句的关注基本对称。以“食物”为主题的三段文本材料中, 读者主要关注形容词, 特别是对味觉、视觉等感官的描述以及能引起人共鸣的词汇。而以“小说”为主题的三段文本材料中, 读者则主要关注动词以及一些和情节发展相关的词, 对环境描写相关词语关注较少(附图4)。该实验结果对于不同题材阅读的眼动行为特征与视觉信息处理研究具有一定的帮助。

3.2 教学效果分析

教学过程中, 学生表现出对学习内容浓厚的兴趣, 反响极好, 参与课题热情度高, 学习积极主动, 分组汇报时课堂气氛十分活跃, 讨论热烈。课程结束后, 教师通过开放式问卷的形式收集了学生对本实验的开设及所采用教学模式的意见与建议, 调查结果如图2所示。参与调查的所有学生均给出了积极正面的反馈, 意见可归纳为“锻炼了课题研究能力”“掌握了更多新知识”“提高了团队合作能力”三个方面, 其中提及上述两项及以上评价的学生人数约占63.4%。许多学生给出长达数百字的建言, 详细地表达了在完成设计型实验过程中的感受, 其收获不仅来自掌握了眼动追踪技术等新知识, 更来源于在设计实验方案、探索新课题的过程中各方面的体验与深入的思考。

学生也为该实验的教学设计提出了一些很好的建议, 如希望增加设计型实验的课时占比、希望教师针对眼动数据分析软件的操作和结果的统计方法提供更细致的讲解等, 并进一步提出希望在生理学实验课堂上能够学到更多与日常生活紧密相关的生理学知识。学生的意见与建议为教师后期进一步优化教学方案设计提供了很大帮助。

近些年的教学实践中, 设计型眼动实验模块取得了很好的教学效果, 其优势主要在于: ①研究方向易于贴近日常生活, 能够解决身边实际问题, 具有很好的现实意义, 因而能够激发学生自主学习的积极主动性及探索科学的热情, 课题的设立针对性强, 目标与思路十分清晰; ②眼动追踪的技术原理

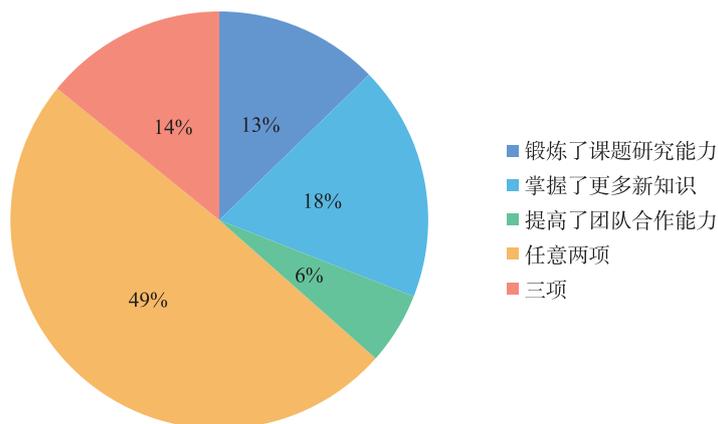


图2 开放式问卷调查结果统计

易于理解,实验操作相对简便,对于课时数有限的本科实验教学非常适用,具有较强的可操作性;③眼动研究的应用范围涉及很广,可用于探索人类认知领域的诸多问题,能够帮助学生开阔视野、拓展思路,培育其从生活中发现问题、解决问题的能力,鼓励学生勇于探索、不断创新。课程实践的结果显示,学生对该实验模块的引入非常认可,有利于后期的进一步实践与推广。

4 结语与展望

生理学及其实验教学在现代生命科学人才培养中占据重要地位。在经典的生理学实验教学内容的基础上引入设计型实验教学模块,对于培养学生创新能力和科研素质具有十分重要的作用。笔者所在教学团队近年来尝试引入基于眼动追踪技术的设计型实验课程,引导学生自行发现科学问题、分析问题,并自主设计实验方案解决问题,在激发学生主动学习的积极性的同时,全面而系统地培养了学生的科研素养与创新能力,取得了很好的教学效果。未来我们将进一步探索设计型实验教学的全新模式,紧跟前沿科学技术的最新进展,开发更多具有突出价值的生理学实验教学创新平台,为培育高素质的创新型科技人才做出贡献。

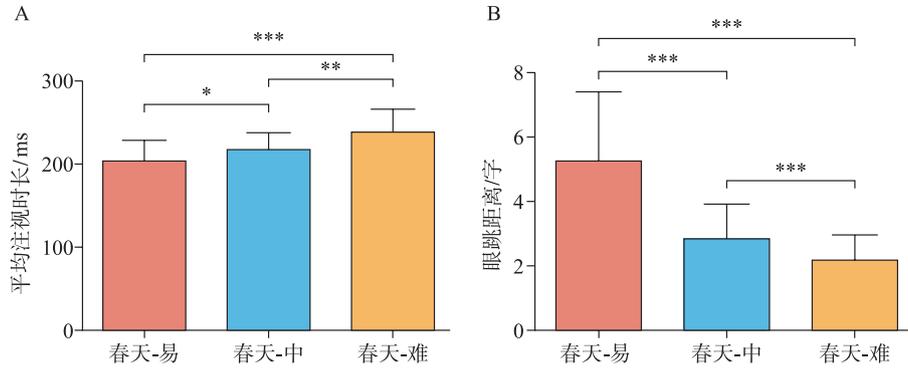
参考文献

[1] 梅岩艾,王建军,王世强.生理学原理[M].北京:高等

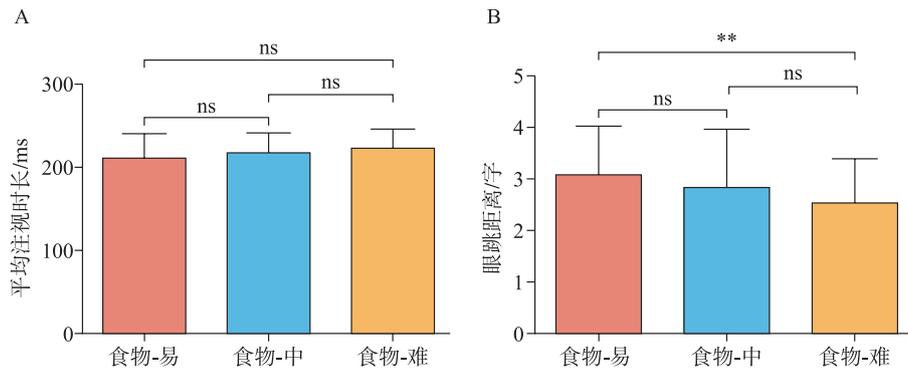
教育出版社,2011.

- [2] 陈聚涛,沈玥茹,赵航,等.翻转课堂在生理学实验教学中的应用和成效[J].高校生物学教学研究(电子版),2022,12(3):37-41.
- [3] 宋峰,王瑾,弓辉,等.生理学验证-设计交互型实验教学的探索[J].基础医学教育,2019,21(6):448-449.
- [4] 曹洋,吴燕华,乔守怡.生理学实验混合式教学模式探究[J].高校生物学教学研究(电子版),2021,11(3):35-38.
- [5] 杨颖丽,伍雨娟,李家雯,等.基于创新能力培养的“人体解剖与动物生理学实验”教学内容的优化[J].生物工程学报,2022,38(3):1237-1247.
- [6] 张天杰,李雪飞,王岐本,等.开设生理学设计性实验以培养学生创新思维[J].现代医药卫生,2013,29(6):838-839.
- [7] 周辰,高珊,郭羽,等.生理学实验课程的调查分析及改进——以北京大学生理学实验为例[J].实验室研究与探索,2018,37(4):166-169.
- [8] 尤佳璐,惠延年,张乐.眼球运动及眼动追踪技术的临床应用进展[J].国际眼科杂志,2023,23(1):90-95.
- [9] 郑玉玮,宋晓宇,高贵贵,等.国外眼动追踪技术在多媒体学习中应用的新进展:来自2016—2021年相关研究的证据[J].教育科学探索,2023,41(1):96-104.
- [10] 闫国利,白学军.眼动分析技术的基础与应用[M].北京:北京师范大学出版社,2018.

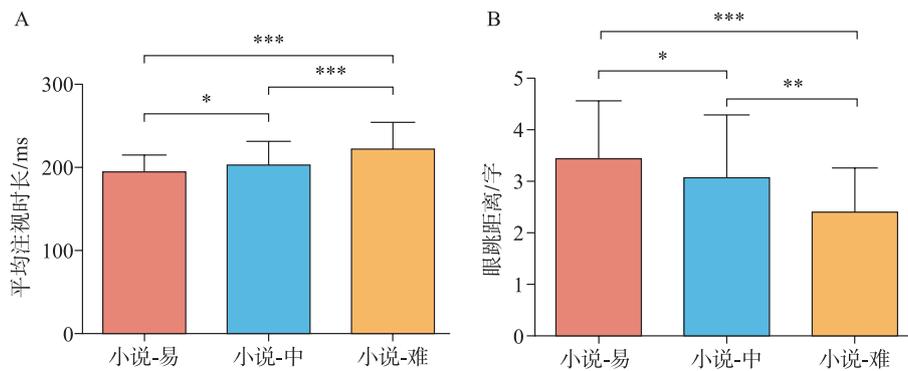
(责编 郝真真)



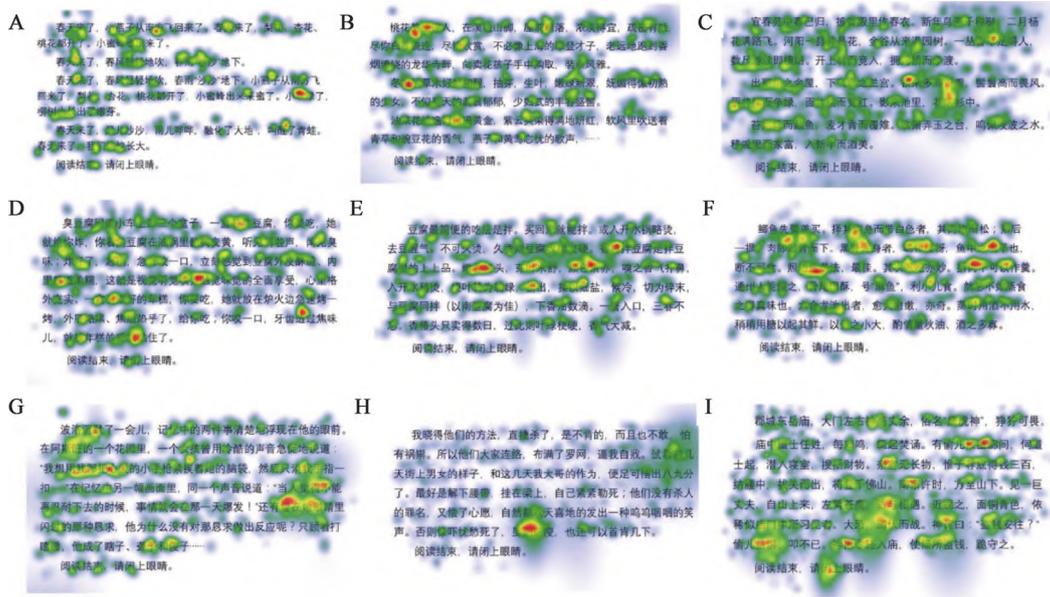
附图 1 以“春天”为主题的三段文本材料的比较结果
A. 平均注视时长; B. 眼跳距离



附图 2 以“食物”为主题的三段文本材料的比较结果
A. 平均注视时长; B. 眼跳距离



附图 3 以“小说”为主题的三段文本材料的比较结果
A. 平均注视时长; B. 眼跳距离



附图 4 三个主题文本材料的眼动热点图比较

A. 春天 - 易; B. 春天 - 中; C. 春天 - 难; D. 食物 - 易; E. 食物 - 中; F. 食物 - 难; G. 小说 - 易; H. 小说 - 中; I. 小说 - 难