

Brain-based Learning Explores the Learning Efficiency Paths and Influencing Factors of Students with Different Grades

Nan Wang Wenting He Jun Bi Liang Chen

Zhejiang Juexin Health Technology Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 311422, China

Abstract

This study discusses the path and influencing factors of students with different performance levels. The main population is 120 students aged 8~18 years old, geographically distributed in Shanghai and Jiangxi province. Admixed research methods were used, including both qualitative and quantitative studies. Qualitative studies were used for coding analysis, impact factor extraction and model construction and theoretical saturation testing. Quantitative studies were used for the model validation. Finally, the results show that there are obvious differences in the learning paths and factors influencing students with different performance levels. Among them, the main path that affects students' learning efficiency can be summarized as individual acceptance-immersion, concentration-negative emotions-brain fatigue/learning innovation achievement. Among them, students with high academic performance accept-immersion-low task focus-less negative emotions-less brain fatigue; students with low academic performance accept-immersion-high task focus-more negative emotions-brain fatigue.

Keywords

brain-based learning; learning efficiency; learning path; different achievement levels; rooted theory; mixed research

基于脑的学习探讨不同成绩学生学习效率路径及影响因素

王楠 何文婷 毕骏 陈亮

浙江觉欣健康科技有限公司, 中国·浙江 金华 311422

摘要

本研究基于脑的学习理论探讨不同成绩水平学生学习效率路径及影响因素, 主要人群为8~18岁的120名在校学生, 地域分布在上海, 江西两地。研究采用了混合研究方法, 包括定性研究和定量研究。定性研究用于编码分析、影响因素提取和模型建构和理论饱和度检验。定量研究用于模型验证。最后, 研究结果显示: 不同成绩水平的学生学习路径及影响因素存在明显差异。其中, 影响学生学习效率的主路径可以归纳为个体的接纳—沉浸—专注—负面情绪—用脑疲劳/学习创新成就。其中学习成绩水平高的学生接纳—沉浸—任务专注低—负面情绪少—用脑不易疲劳; 学习成绩水平低水平的学生接纳—沉浸—任务专注高—负面情绪多—用脑易疲劳。

关键词

基于脑的学习; 学习效率; 学习路径; 不同成绩水平; 扎根理论; 混合研究

1 研究背景

20世纪90年代被称为“大脑的十年”, 到了21世纪, 基于脑的学习浮出水面, 这一运动的先驱, 凯恩、詹森将心理学和神经科学的联系聚焦到基于大脑学习的研究中(Caine, 2005)^[1]。基于大脑的学习原则是教育领域中的一个重要研究方向。它通过研究人类大脑的运作原理, 探究人类学习过程的内在机制和规律, 并将这些原则应用于教育实践中。研究大脑在做什么, 它是如何工作的, 在学习过程中发生了什么, 以及人们如何记忆, 这是对教学设计很重要的问题。

基于大脑的学习理论 Brain Based Learning (BBL) 专注于大脑如何学习, 包括接受大脑处理的规则, 并根据头脑中的这些规则组织教学, 从而进行有意义的学习(Caine, 1994)^[2]。BBL是一种考虑大脑如何获取、处理、解释信息的指令; 建立连接、存储(如建立连接、编码、构造矩阵)并记住获取的相关信息(Greenleaf, 2003)^[3]。同时, BBL是一种使大脑学习系统向前发展的教育, 基于大脑的学习以学生为中心, 强调学习的过程是利用整个大脑, 并认识到并非所有学生都以相同的方式学习, 学生在各种学习情境和环境中积极参与构建自己的知识(Caine, 1994; Crowell, 1999)^[4]。另外, 基于大脑的学习研究情感是如何影响学习的, 以及探索学习与情感、知觉、注意力和记忆相关的主题

【作者简介】王楠(1993-), 女, 中国上海人, 硕士, 从事脑电、教育学研究。

(LeDoux, 1996)^[5]。BBL 强调学习与情绪相互作用,情绪的五个维度包括自我意识、自我调节、动机、同理心和社交技能 Goleman (1997)^[6]。基于大脑的研究表明,教师可以帮助学生创造最佳的学习情绪氛围。

通过对大脑的研究,12个基本原理被确定为基于大脑的学习的基本结构基石(Caine & Caine, 1994; Nuray Okumuş-Ceylan & Esra Saka, 2022)^[7]。

①大脑是一个并行处理器:大脑同时执行许多任务,包括思考和感觉。

②学习涉及整个生理学:大脑和身体都在参与学习。在身体与大脑的关系中,双方都会向对方发送信息和反馈信息,大脑的功能并不能与身体分开运作。在课堂上,师生关系没有压力和威胁的气氛是很重要的。

③对意义的寻找是天生的:“大脑/思维对意义的寻找是非常私人的。我们所学到的与个人的、有意义的经历相关程度越大,我们的学习就越深入”(Caine, 1994)^[2]。

④对意义的探索是通过模式进行的:大脑被设计成感知和自产生模式,它抵制被强加的和无意义的模式(Caine, 1994)^[2]。

⑤情绪对模式的形成至关重要:情绪驱动注意力,注意力驱动学习、记忆和解决问题(Hart, 2002)^[8]。让学习者有自我参与感是学习的一种必要性,当学生因没有融入环境时,身体或大脑产生的无聊感会导致不注意。

⑥大脑同时处理部分和整体:左右半球各有不同的功能,但它们是被设计成一起工作的。

⑦学习既包括集中注意力,也包括周边感知:人们对环境有普遍的感知,并对环境的各个部分有选择性的关注。

⑧学习总是涉及有意识和无意识的过程:正如 Jensen (2001)提出的,我们99%的学习是无意识的;我们只是海绵,因为我们吸收了视觉、听觉、触觉、嗅觉和感觉信息^[9]。事实上,当我们的扩展其感知地图时,简单地吸收某一种感官信息对我们的学习过程都是有价值的(Jensen, 2005)^[10]。

⑨我们至少有两种不同类型的记忆:空间记忆(自传体记忆)和死记硬背记忆(分类单元记忆)。分类单元或死记硬背的记忆系统由通过练习和排练储存的事实和技能组成的(Caine, 1994)^[2]。空间记忆或自传体记忆建立了事实、事件和经验之间的关系(Caine, 1994)^[2]。

⑩学习是发展性的:当一些课程内容或学习标准出现时,会与新的信息和其他熟悉的信息建立联系。

⑪学习被挑战增强,被威胁抑制:当学生的作业具有挑战性,课堂环境感到安全和支持时,他们会获得最佳的好处。

⑫每个大脑都是独特的组织方式:每个学生都有自己独特的大脑优势和弱点。

在教育实践中,教师可以根据基于脑的学习原则来设计教学活动,以满足学生的不同学习需求,提高学习的效果

和质量。Duman (2006)研究:基于大脑的学习可能会帮助学生识别他们的大脑特征和学习风格^[11]。学生们从对大脑的见解中获益,因为他们认识到如何深深沉浸在内容中。因此,他们可以根据自己的理解和构建意义来处理学习。此外,基于脑的学习也为教育政策的制定提供了理论支持,可以帮助决策者更好地关注学生的学习需求,制定出更科学、合理的教育政策。相关文献表明,基于大脑的学习方法比提高传统方法更有效(Bowman, 2003)^[12]。当课程设计符合大脑的工作原则时,可以对学生的动机、态度和学术成就做出积极的贡献(Brodnax, 2004)^[13]。

因此,本研究旨在挖掘学生在学习过程的大脑学习效率、心理、情绪等活动特点,构建主影响路径模型;探究不同学习成绩学生的路径及影响因素是否存在不同,帮助不同成绩水平的学生更清楚自己的学习用脑过程特点,构建学习的意义和价值;利于老师了解学生个性化的特点和需求,做出更科学的教学设计和教育政策。

2 研究设计

2.1 研究对象

研究通过发布实验活动通知招募研究对象,以华东理工大学商学院一视友科技心脑实验室为科研主体,联合企业组织上海觉健康科技有限公司、德瑞姆应用心理学研究院、蕴乐轩少儿培训机构和南昌爱豆咨询有限公司招募8~18岁的在校生为研究对象。发布通知2个月,共计招募120名学生,地域分布在上海,南昌两地。其中男生45名,女生75名;8~12岁65名,12~18岁55名。基于总体120位受访学生,研究选择抽取20(1/6)名学生进行访谈和作为观察的数据记录,用于编码分析、影响因素提取和模型建构;抽取20名(1/6)学生的访谈记录,用于理论饱和度检验;抽取80(2/3)名学生的问卷和脑电数据,用于模型验证。

2.2 实验设计与数据收集

研究邀请年龄8~18岁年龄阶段的在校生参与,主要监测学生在学习或完成任务过程中对当前所从事任务的专注、沉浸、心流及情绪数据,对学生在学习或完成任务时的学习路径进行探索,并分析不同成绩水平学生学习路径的差异和影响因素。参与研究的每一位学生都有一个实验编码,编码以“测试日期+序号”的方式呈现,如23031110。其中23表示2023年,0311表示3月11日,10表示编号,即2023年3月11日的第10位测试者。在实验开始之前,每位学生和家长会签署一份知情同意书,内容介绍了研究目的和参与收获,告知参与者实验秉承自愿原则,并声明所有信息将保持匿名。

2.2.1 实验流程步骤

①三分钟静息态监测,时长:3分钟;

②做一件不喜欢的事情,例如,背英语单词,时长:8分钟;

- ③做一件不是很喜欢也不是不喜欢的东西，时长：8分钟；
- ④喜欢的东西，可以是学校作业，时长：8分钟；
- ⑤做一件最喜欢的东西，如看书、画画、做手工，但不是看手机视频或玩游戏，时长：8分钟；
- ⑥练习正念，让大脑快速休息，消除精神疲劳，时长：8分钟；
- ⑦做一件不喜欢的东西，时长：8分钟；

- ⑧做一件最喜欢的东西，时长：8分钟；
- ⑨实验结果分析和评估；专家给出针对性建议。

2.2.2 数据收集

研究采用了混合研究方法，既包括定性研究，也包括定量研究。定性研究基于扎根理论观察学生在进行不同学习任务时的行为特点（表1），同时对学生完成任务的过程进行半结构化访谈（表2）。通过行为观察和半结构化访谈的数据进行分析，构建学生学习效率影响因素的路径模型。

表1 行为观察的维度和内容

维度	对应内容
五官表情	有无体现情绪特点的面部表情：皱眉、脸红、睁大眼睛、噘嘴、舔嘴唇、咬嘴巴、面无表情平静、笑等
手部动作	有无体现情绪特点的手部动作：扣手、握拳、摩擦手掌等
脚步动作	有无体现情绪特点的脚步动作：抖腿踮脚、脚朝外或朝内等
身体开合程度	有无体现情绪特点的身体开合动作：紧缩着坐、趴着坐、挺立松弛坐、靠在后背松弛坐等
与物品的互动情况	有无体现情绪特点的与物品互动动作：转笔、揉搓纸、折书角等

表2 半结构化访谈的维度和内容

维度	对应内容
学习效率	刚才任务的疲劳程度？无；有一点；有一些；明显；非常
任务负面情绪	有没有相关情绪？ 是在前期？中期？后期？ 大概几次？
自我负面情绪	针对文本型，互动性内容素材： 可以描述一下你看的内容吗？（实验操作者会看一下内容，调查情绪表达能力和情绪感知能力） 可以谈一下自己的情绪感受吗？（验证情绪表达能力和情绪感知能力） 你认为内容本身有没有情感色彩？（验证情绪表达能力和情绪感知能力）

2.3 数据编码和模型构建

遵循扎根理论的研究方法，论文对收集的原始资料逐级编码，进行开放性、主轴性和选择性编码。借助 Nvivo12 工具提取与学习相关的概念和类别，寻找类别之间的关系，从而构建学生学习效率路径及影响因素模型。

2.3.1 开放性编码

为了对原始资料进行概念化和类属化，最大程度地拒绝主观性，本研究中的开放性编码尽量选择受访人的原始语句，共获得 156 个自由节点；对原始访谈记录中存在交叉、重复的概念进行反复对照、比较、整合和归并后得到 35 个初始概念，对同类进行归并后集成为 9 个变量类属（见表 3），这构成学生学习效率的影响因素。

2.3.2 主轴编码

主轴编码是在开放性编码的基础上发现和建立类属之间的各种联系，以体现资料中内容的关联性。通过对 9 个变量类属进行主观聚类，本研究最终归纳得到 7 个主类属（见表 4）。

2.3.3 选择性编码

在开放性编码和主轴编码的基础上，本研究对访谈记录展开进一步的重组、整合和分析，对核心类属进行抽象化后将其确立为“不同成绩水平学生学习效率路径及影响因

素”的机制模型，并以此为线索建立一条主逻辑线，个体学习的主路径为：接纳—沉浸—专注—负面情绪—学习效率下降 / 学习创新成就凸显。

2.3.4 模型构建

本研究的核心类属为“不同成绩水平学生学习效率路径及影响因素”，围绕这一核心类属的“故事线”概括如下。首先，作为影响学习的态度因素，接纳是对待知识的第一步，关乎学生的信念和开放态度调动学习效率，会受到曾经创伤经历的负面影响；沉浸是摄入知识的关键，个体意识的沉浸状态会帮助学生在一种安全放松的环境下进行学习；专注是进行知识消化吸收的重要因素，关乎个体对知识的理解，记忆，再加工水平。其中，专注又包括任务专注和自我专注两个层面。任务专注会在个体接触任务知识点时因技能胜任感进行保持，也会在技能胜任感不足时产生困惑，从而造成任务专注数值下降。自我专注包括个体专注的高度，广度和持续度。负面情绪影响对知识的整理，编码和吸收，从而对学习效率下降产生影响。如果个体在经历主轴线接纳—沉浸—专注—负面情绪及各分维度影响之后，大脑没有出现明显的疲劳状况，则可进入到学习创新成就的出现，包括心流或顿悟。据此，本研究建构起学生学习效率及影响因素的机制模

型(见图1)。

2.3.5 饱和度检验

在外部效度方面,本研究采用分析类推的方式,即在理论达到饱和以后,对预留的20份访谈文本进行分析。结

果发现:编码的类属都能纳入已提炼出的类属中,类属的属性和维度层面也没有出现新的概念。由此,本研究认为,不同成绩水平学生学习效率及影响因素模型中的各构成要素及相互关系在理论上是饱和的。

表3 开放式编码形成的初级范畴

序号	初始范畴	原始代表性语句(概念)
1	学习态度	接纳度—感兴趣课就会主动学,不感兴趣的不太乐意学 兴趣动机—因为科学很有意思,有很多实验,所以就愿意学习;因为想取得好成绩,所以就会主动听,也会主动复习 负面经历—曾经成绩差就没有信心了;老师和学生孤立我,让我不愿意学
2	学风浸润	沉浸度—某个课程的主题或老师让我很感兴趣,就会很投入,时间也过得很快 教学风格—老师上课经常给我们讲故事,还放电影,很喜欢这样的老师 师生互动—老师经常点名让起立回答问题,会的就很积极,不会的我会感觉很有压力,不愿意互动 同伴互动—小组讨论挺好的,同学们都有自己的想法,能商量出一个好思路出来
3	任务专注	专注投入—当课程开始的时候我会尝试去专心听课 自我要求—某个课有目标的话就愿意主动学,并且一定要学好 困惑—当碰到自己听不懂的知识点,会觉得很难,困惑,听不懂不知道在讲什么 纠结—当上课被点名回答问题时,如果一个知识点没有记牢,我会纠结对不对,就不敢回答了 技能胜任感—知识点掌握不牢,解题就解不出来 无趣—一个知识点讲了好几遍就觉得很无聊,不想听,开小差
4	自我专注	专注高度—我琢磨一个问题喜欢琢磨很深,想为什么会这样,也会记好几遍,生怕自己记不牢 专注广度—我习惯能看到好几件事情,不是老钻在一个点上 专注持续度—我喜欢沿着一个问题一直思考,直到我想出来为止 走神—上课的时候,容易被外边的声音吸引,就时老走神 跳脱思维—我经常从一件事情想到另一件事情,两个事情往往没有太大的关系,老师说这是走神,我也不清楚她说的是什么
5	任务负面情绪	自我要求高—有时候我很看重某一科,很想把它考好,但是会紧张,马虎往往考不好 无力感—遇到不会的题目,我会很焦躁,手心出汗,挠头,感觉死定了,又不会 畏难情绪—遇到我解不出来的数学题,我会很难过 烦躁情绪—遇到自己不太有把握的题目,会很烦
6	自我负面情绪	担心—如果一道题没做出来,尤其是后面的答题,我会担心,这道题后面的我也做不出来了 紧张—自己不会的题目,就会紧张,手心出汗 焦虑—遇到不确定的又不会的,就心慌,心想完蛋了,做不出来了 压抑—遇到连续好几道题解不出来,我的心情就会很低落,我是不是不行 勉强—不会的选择题懵一下吧,总比不写好 情绪管理—考试的时候往往因为紧张忘记要写什么了,或者是心烦意乱乱写一通 情绪感知—我难受的时候不知道是什么情绪,但就是很难受,不想学习 情绪表达—我生气的时候很生气,但是说不出来是什么情绪,表达不出来
7	用脑疲劳	脑子累了—学的时间太久累了,脑子就像锈住了,一片空白 学习效率下降—学习太久会感觉有点累,这时候做题或者背诵就做不下去
8	顿悟	灵机一现—有时候一道题不会,突然在吃饭或者玩耍的时候,就想通了那道题,感觉很神奇 突然想到—曾经有杠杆的题目怎么都想不明白,有次在马路上看到拖车叔叔在拖坏掉的车,看着那个斜坡,突然就想通了
9	心流	一直很流畅—有时候写作业很投入,很顺手,听不下来,妈妈叫我吃饭都听不到的,很享受在那个感觉里,思路很流畅

表4 主轴式编码形成的主范畴

主范畴	对应范畴	范畴的内涵	测评方式
接纳	学习态度	对一个任务是否持开放, 愿意尝试, 接纳的兴趣态度。与自身的动机, 兴趣态度有关, 也与过往成就类经历或者创伤类经历有关	问卷 半结构化访谈
沉浸	学风浸润	对一个任务的意识沉浸放松的状态, 与自身的放松能力有关, 也与教师授课方式, 互动风格有关	问卷 行为观察 半结构化访谈
专注	任务专注	受任务诱发产生的意识专注、投入的状态, 因任务难度胜任体现技能胜任感, 因任务难度过大体现困惑感	问卷 行为观察 半结构化访谈
	自我专注	个体的专注能力, 包括专注高度, 广度和持续度	问卷 行为观察 半结构化访谈
负面情绪	任务负面情绪	受任务诱发产生的情绪状态, 因任务难度和技能胜任感不足产生的负面情绪有烦躁, 畏难, 无力感	问卷 行为观察 半结构化访谈
	自我负面情绪	个体内生的负面情绪, 比如担心, 紧张, 焦虑, 压抑, 勉强等; 以及情绪管理能力, 包括情绪感知能力(明确分辨自己的情绪种类); 情绪表达能力(准确表达自己的情绪状态); 情绪管理能力(对自身情绪能合适调控)	问卷 行为观察 半结构化访谈
学习效率下降	用脑疲劳	主要参照问卷, 行为观察和半结构化访谈	问卷 行为观察 半结构化访谈
学习创新成就	顿悟	主要参照脑电生物反馈系统中的顿悟指数	脑电 半结构化访谈
	心流	主要参照脑电生物反馈系统中的心流指数	脑电 半结构化访谈

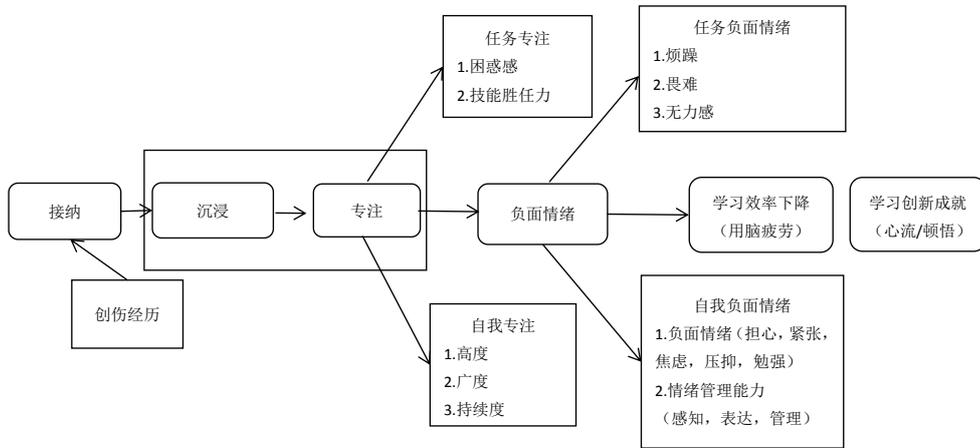


图1 不同成绩水平学生学习效率及影响因素的机制模型

3 访谈结果

3.1 接纳是体现心态安全的第一步

学习的心态是基于一个人的自我信念, 这种心态会影响动机和完成任务实现目标的意愿和能力。Willis J. (2007) 指出复杂的、真实的学习一方面会让学生忍受一种不确定性, 这种不确定性可能会对学生造成一种威胁, 但另一方面, 有时未知的东西具有积极的兴奋性, 并且会让人们愿意去进行冒险——如果他们感觉到有一种特定类型的安全感^[4]。一些研究正逐步表明, 最佳地进行学习的状态是一种把构成内在动机的中高度挑战与低威胁结合起来的良好心理状态

和感觉, 这被称作“放松的警觉”。同时, 脑的第11条原则表明: 学习被挑战增强, 被威胁抑制: 当学生的作业具有挑战性, 课堂环境感到安全和支持时, 他们会获得最佳的好处; 但当挑战过大而造成威胁时, 脑的反应反而会变得迟钝。

23031604 最不喜欢的事情——写作, 成绩中等偏上。

妈妈自述: 她之前写作很好的, 还过得班级模范作文, 但是目前有点逆反。下周马上就要参加区里的一个作文大赛, 我感觉她没有信心, 就一直给她鼓励, 也希望老师帮我们看到到底是什么原因。

事实过程: 孩子开始进行任务——最不喜欢的事情选择

命题作文，很抗拒自己不想写，原本打算让她为参赛作文做个模拟，实在很抗拒，变成了当场的一个命题作文，题目：暑假的一件事。孩子自述：勉强强地写个题目，老妈让我写我就写吧，但是我不知道写什么。只看在草稿纸上8分钟的时间，歪歪曲曲地写下了一行字：暑假去了公园，看到了池塘的垂柳，像姑娘的秀发一样随风飘扬。最后实在不想写了，时间也到了。

访谈观察：孩子从进门就抓着妈妈的手，整个写作过程中也没有放开，胖乎乎的一个小女孩，面部平和。在妈妈一开始夸奖各种经历的时候，孩子很抗拒不爱听闷头做自己的事情，而当妈妈焦急地说不知道怎么办的时候，孩子紧紧贴住妈妈，并且慢慢地捏一下妈妈的脸，故意逗逗妈妈，让她开心。当妈妈焦急地哭的时候，孩子抱住妈妈给妈妈擦眼泪。

原因分析：关于作文，孩子具备一定的技能水平，但是妈妈鸡娃教育，妈妈焦虑严重。因为参加比赛，妈妈一直夸奖成就，甚至觉得自己的孩子可以更好地焦虑感传递给孩子；同时之前好现在不好的挫败经历被妈妈反复提及，导致学生对比赛乃至作文的内在动机下降，产生了不安定感，从而大脑迟钝，作文模拟表现较差。

3.2 沉浸是摄入知识的重要环节

学习安排的最佳方式是“编排的浸润状态”，指让学生的学习沉浸在一种复杂的、真实的但却对学生有真正的挑战感与参与感的环境之中。学习者只有当沉浸于复杂的体验并积极加工这种体验时才能够建构意义。教师可以通过让学生沉浸在学习过程中来创造最佳的学习机会（Caine & Caine, 1990）^[4]。当学生沉浸在学习过程中时，他们的大脑就会受到刺激，并可以形成新的神经元。实验室的实践学习是一种让生理参与学习过程的努力。当学生执行一项任务时，他们的大脑会保留关于任务的更详细的信息，保留的时间也更长（Kaufman et al., 2008）^[15]。为了在课堂上实现协调沉浸感，学生可以通过演讲，以及制作图形和海报的方式，创造一个丰富的环境（Duman, 2010）^[16]。

23020502 最喜欢的事情——画画。

自我陈述：前半段有一些时间有时间，空间，人的沉浸的感觉，过了一会灵光一现的感觉，但是后半段想不到画什么了，出现了疲惫的感觉。

23040702 做最喜欢的事情——下象棋。

自我陈述：全程都很沉浸舒服放松啊，知道怎么走棋会更好，尤其是下到某一关键又知道怎么走的步骤的时候，会很果决很愉悦。

3.3 专注是进行知识吸收消化的重要步骤

专注是一种重要的心理状态，可以帮助我们集中注意力，提高学习效率。当学生集中注意力时，知识才能进入大脑，之后才有机会被学生消化吸收，最终转化成自己的东西（Hileman, S. 2006）^[17]。相反，如果分心或受到干扰，个

体就容易犯错误，导致学习质量下降。

23020506 最不喜欢的事情——《诗经》。

自我陈述：一开始就没看懂，很困惑，硬着头皮看，能感觉到自己的专注力不高，想走神，咬嘴唇，扣手等。好在后面看着看着看进去了，思考了理解了《诗经》的意思，但会感觉疲惫，开始打哈欠，后面有点困了，不想看了。

23020506 最喜欢的事情——盗墓笔记。

自我陈述：这本书一直都是我喜欢看的，今天看到了胡八一在村子里的一些准备工作，还没进入墓穴。中间讲了准备物资，找人，向他们说明来意，内容很有画面感，看起来不费劲，很舒服，也很专注。

3.4 负面情绪影响对知识的整理、编码、吸收

情绪、决策和社会功能也是认知过程中的关键因素。大脑中涉及情绪的区域对学习很重要，而情绪因素对认知发展有广泛的影响（Nelson, C. 2013）^[18]。学生的心理和情绪状态决定了学生的学习效率，积极的情绪促使自我激励，增加信息的能力和速度。消极情绪中断了信息的处理和系统化。积极的情绪有助于知识和技能的获得，消极的情绪则阻碍人们达到满意的成绩（周加仙, 2007）^[19]。研究表明，困难的心理学习任务会引起更高的生理和情绪反应，如心率、排汗量和血压增加，这些症状降低学习的动机，从而影响学习效率。当学习者感到威胁、无助或疲劳时，他们可以记住单一的事实，但不能批判性地处理（Weiss, 2000）^[20]。Langelier & Connell（2005）认为当一个学生缺乏兴趣，或正在经历因沮丧而引起的压力，人们就会进入一种“战斗或逃跑”的精神状态，而在大脑中几乎不会发生有效的认知推理^[21]。

23040511 最不喜欢的事情——做数学题。

自我陈述：一开始还不抵触，拿起了数学开始做题，做着做着题目看不懂，焦躁的开始用手指敲桌面，烦死了，觉得自己肯定做不好了。

23040511 最喜欢的事情——看漫画书。

自我陈述：一开始还不抵触，拿起了数学开始做题，做着做着题目看不懂，焦躁的开始用手指敲桌面，烦死了，觉得自己肯定做不好了。

有情感能力的学生很可能会成为富有成效、健康、有爱心和有效的成年人。对情绪的反应和处理包括在思考时使用情绪，识别他人的情绪，以及平衡情绪以增强积极的行为。当学生能够标记、识别、理解和管理情绪时，他们很可能做得更好（Wagner, K. 2012）^[22]。

23041201 最喜欢的事情——看小说。

实验员问：你可以讲下刚才看的故事吗，比如什么人做了什么事？

答：刚看到德思礼这个人在房间里活动，然后去面包店买面包，听到有人叫哈利，有点惊恐，然后回家撞到一个人，那人有一件紫色的斗篷，然后他们打了招呼。

实验员问：你觉得故事本身有没有情绪？

答：有的，这个德思礼他有屋子里很烦才出门，然后听到有人叫哈利很意外，自己思考了很久，然后被撞了，但是他很高兴。

实验员问：你觉得自己有没有因为故事产生一些情绪？在什么时候？

答：有一些，在他被撞的时候，我感觉自己也好像被撞了，很突然。但是他被撞了还开心，不是很明白，为什么还会开心。

实验员查看故事：故事是哈利·波特于魔法石，第一章，学生描述故事内容差不多准确。实际上，文章大量的情绪描述词，如太烦了，心里别扭，恐惧万分，心烦意乱，高兴等。学生几乎都描述出来了，表明具有比较好的情绪表达能力，同时能感受到自己也好像被撞了，有比较好的情绪感知能力。并且故事表达得几乎完整，讲故事能力优秀，还能思考故事的逻辑，做得很好。

3.5 低威胁，高挑战带来学习创新成就

真正的学习是不应当由预想的结果所决定的，应当是一种创造性地学习。有意义学习本质上就是创造性的，即学生大脑中建构地对知识的理解是完全可以超越教师的理解的，最终学生所获得的知识应当是有意义知识。基于脑的学习进一步对有意义知识（知识意义性）做出了独特而深刻的解析，即意义可分为感觉意义和深层意义。感觉意义涉及大脑对一个特定模式或这个模式与自我的某种联系的“顿悟”“感觉”，此时大脑就会产生一种瞬间的兴奋，实际上，这一过程就是大脑寻求模式化过程的核心环节（薛贵，2001）^[23]。通过这一过程，新信息就与大脑中已知的或已经掌握的信息创设了适当的连接。此外，脑科学研究区分了两种类型的压力，一种是伴随着无助、苦恼的威胁感，另一种则是伴随着决心和挑战感。当大脑感知威胁（第一种压力）的时候，会出现脑功能压缩、降格，这种现象被称作“换挡”（downshifting）。此时，学生的记忆能力、创造能力都大大下降。在降低第一种类型的压力，提高第二种类型的压力，即在低威胁、高挑战的情况下，脑的各种学习功能就能最佳地发挥出来。

23040801 一般的事情——看书。

自我陈述：一开始翻开书本，沉浸去阅读内容，然后开始有些情绪波动，甚至有点焦躁，困惑书本里面到底在讲什么东西，有些疲劳。先不管看不懂的，平静下放松呼吸，把内容看下去，哦，原来故事是在说主人公他的一个创作经历，一个构图灵感来自旅游时看到的一种光影记忆印象，在那时候，主人公看到了觉得特别美。这一段让我突然有些顿悟的感觉。我最近也在学画画，不知道怎么突破自己的水平，原来好的作品来自感受生活，想想我的一些作品也是这样的，只是平常没注意到这一点。

4 模型分析

4.1 学习效率主路径分析

实验选取 80 名学生的脑电和问卷数据对模型结论进行定量研究。通过脑电监测设备获取学生在进行不同学习任务的脑电数据：专注度和放松度（见图 2）。通过问卷调查了解学生的学习成绩、学习态度（接纳）、专注、沉浸、任务专注、自我专注、任务负面情绪、自我负面情绪、学习效率下降（用脑疲劳）等。运用统计软件 SPSS20.0 进行相关回归分析，验证模型主路径；同时 T 检验分析不同成绩水平群组学生的学习效率影响因素，对比差异。



图 2 脑电测试过程

4.1.1 相关分析

研究采用 SPSS20.0 对影响学生学习效率的主路径因素做相关分析，相关分析结果显示：

①接纳因素：接纳与自我专注呈正相关（ $r=0.260, P<0.05$ ）；②沉浸因素：沉浸与任务专注呈正相关，与自我负面情绪呈负相关（ $r=-0.237, P<0.05$ ）；③专注因素：自我专注与任务专注呈负相关（ $r=-0.280, P<0.05$ ）；④任务专注因素：任务负面情绪与任务专注呈正相关（ $r=0.325, P<0.01$ ）；⑤自我专注因素：自我专注与任务负面情绪呈负相关（ $r=-0.329, P<0.01$ ）；⑥任务层面和学习效率：学习效率下降与任务专注呈正相关，与任务负面情绪呈正相关（ $r=0.592, r=0.331, 均 P<0.01$ ）；⑦自我层面和学习效率：学习效率下降与自我专注呈负相关（ $r=-0.525, P<0.01$ ）；⑧学习成绩高低水平相关因素：与任务专注，任务负面情绪，学习效率下降 / 用脑疲劳均呈负相关（ $r=-0.411, P<0.05, r=-0.281, r=-0.269, P<0.01$ ）。

4.1.2 回归分析

研究采用 SPSS20.0 对影响学生学习效率的主路径因素做进一步的回归分析，回归分析结果显示：①接纳作用：接纳对自我专注具有显著正向作用（ $r=0.208, P<0.05$ ），即个体学生对一项任务的接纳度越高，其自我专注程度越高。②沉浸作用：沉浸对任务专注具有显著正向作用，对自我负面情绪具有显著负向作用（ $r=0.228, r=-0.215, 均 P<0.05$ ）。即个体学生对一项任务的沉浸度越高，其从事这项任务的任务专注度越高，同时自身内生的负面情绪越少。③专注作用：

任务专注对自我专注具有显著负向作用 ($r=-0.207, P<0.05$)，即个体学生做一项任务时对任务的专注投入越高，其自我内生的专注数值越低。④任务专注作用：任务专注对任务负面情绪具有显著正向作用 ($r=0.266, P<0.01$) 即个体学生做一项任务时对任务的专注投入越高，越容易对任务产生负面情绪。⑤自我专注作用：自我专注对自我负面情绪具有显著负向作用 ($r=-0.215, P<0.01$)，即个体学生自我内生的专注程度越高，广度越广或者持续度越好，按照自我模式用脑，其自身的负面情绪越少。⑥任务层面对用脑疲劳的影响：

任务专注，任务负面情绪对学习效率下降 / 用脑疲劳具有显著正向作用 ($r=0.567, r=0.387, P<0.01$)，即个体学生对一项任务的专注越高，负面情绪越多，越容易用脑疲劳。⑦自我层面对用脑疲劳的影响：自我专注对学习效率下降 / 用脑疲劳具有显著负向作用 ($r=-0.680, P<0.01$)，即个体学生自我内生的专注越高，广度越广或者持续度好，按照自我

特点模式用脑，越不容易用脑疲劳。⑧影响学习成绩高低水平的因素：任务专注，任务负面情绪，用脑疲劳对学习成绩高低具有显著负向作用 ($r=-0.373, P<0.05$; $r=-0.312, r=-0.255, P<0.01$)，即个体学生因任务投入的专注度越低，负面情绪越少，其学习成绩水平较高；且学生越容易用脑疲劳，其学习水平越好。因此，个体学习的学习效率主路径可以归纳为：接纳—沉浸—专注—负面情绪—学习效率下降。

4.2 不同成绩水平学生学习效率影响因素分析

4.2.1 成绩水平高与成绩水平低学生 T 检验

研究采用独立样本 t 检验判断主路径各个因素对学生成绩水平高和水平低的影响，结果显示：沉浸和任务专注能力与学生不同成绩在 0.01 显著性水平下呈现差异。进一步比较其均值发现：成绩水平高的学生沉浸度显著高于成绩水平低的学生，这表明成绩水平高的学生对事情更容易沉浸；而成绩水平高的学生的任务专注力显著低于成绩水平低的学生，这表明，在处理一项任务时，成绩水平高的学生因任务而调动的个体专注度要低一些，详见表 5。

4.2.2 成绩水平低于成绩水平中学生 T 检验

研究采用独立样本 t 检验判断主路径各个因素对学生成绩水平低和水平中等的影响，结果显示：各因素均无明显差异，这表明对于成绩水平低和成绩水平中等的学生而言，其学习效率的影响因素无明显差异，见表 6。

4.2.3 成绩水平中与成绩水平高学生 T 检验

研究采用独立样本 t 检验判断主路径各个因素对学生成绩水平高和水平中等的影响，结果显示：任务专注能力与学生不同成绩在 0.01 显著性水平下呈现差异。进一步比较其均值发现：成绩水平中等的学生其任务专注高于成绩水平高的学生。这表明，在处理一项任务时，相对于成绩水平中等的学生，成绩水平高的学生因任务而调动的个体专注度也是要低一些，见表 7。

表 5 成绩水平高与成绩水平低因素比较 (0- 成绩水平低; 2- 成绩水平高)

因素	0 (成绩水平低组)	2 (成绩水平高组)	独立样本 T 检验	
	Mean (S.D.)	Mean (S.D.)	t 值	Sig (双侧)
接纳	1.00	1.13	-0.441	.662
沉浸	.71	1.25	-2.251	.040**
任务专注	1.57	.79	2.390	.042**
自我专注	.71	1.17	-1.916	.065
任务负向情绪	1.29	.71	1.881	.097
自我负向情绪	.86	.71	.595	.556
学习效率下降	1.71	1.08	2.038	.075

注：* 显著水平在 0.05 下呈现差异。** 显著水平在 0.01 下呈现差异。

表 6 成绩水平低与成绩水平中因素比较 (0- 成绩水平低; 1- 成绩水平中)

因素	0 (成绩水平低组)	1 (成绩水平中组)	独立样本 T 检验	
	Mean (S.D.)	Mean (S.D.)	t 值	Sig (双侧)
接纳	1.00	1.03	-1.107	.917
沉浸	.71	1.18	-2.138	.055
任务专注	1.57	1.36	.681	.517
自我专注	.71	1.05	-1.699	.128
任务负向情绪	1.29	.90	1.308	.232
自我负向情绪	.86	.49	1.331	.221
学习效率下降	1.71	1.31	1.336	.220

注：* 显著水平在 0.05 下呈现差异。** 显著水平在 0.01 下呈现差异。

表7 成绩水平中与成绩水平高因素比较(1-成绩水平中;2-成绩水平高)

因素	1 (成绩水平中组)	2 (成绩水平高组)	独立样本 T 检验	
	Mean (S.D.)	Mean (S.D.)	t 值	Sig (双侧)
接纳	1.03	1.13	-.580	.565
沉浸	1.18	1.25	-.372	.712
任务专注	1.36	.79	3.566	.001**
自我专注	1.05	1.17	-.846	.403
任务负向情绪	.90	.71	1.369	.178
自我负向情绪	.49	.71	-1.495	.141
学习效率下降	1.31	1.08	1.413	.163

注: *显著水平在 0.05 下呈现差异。**显著水平在 0.01 下呈现差异。

5 研究结论和启示

5.1 学生学习效率的共通性

研究结果表明个体学习的学习效率主路径可以归纳为:接纳—沉浸—专注—负面情绪—学习效率下降。接纳是体现心态安全的第一步,个体学生对一项任务的接纳度越高,越有利于调动自我专注度。沉浸是摄入知识的重要环节,个体学生对一项任务的沉浸度越高,其从事这项任务的任务专注度越高,同时自身内生的负面情绪越少。因此,教师在进行教学设计和优化教学环境时,可以考虑调动学生的接纳度和身心参与度,使学生能够沉浸其中。专注包括因任务诱发产生的专注和自我内生专注,不同的专注模式会引发不同的情绪反应和学习效率反应。当学生做一项任务时因任务产生的专注越高,其自我内生的专注数值越低。同时,任务专注对任务负面情绪具有显著正向作用,即个体学生做一项任务时对任务的专注投入越高,越容易对任务产生负面情绪。而自我专注对自我负面情绪具有显著负向作用,即个体学生自我内生的专注高度越高,广度越广或者持续度越好,按照自我模式用脑,其自身的负面情绪越少。针对任务诱发专注的学生类型,建议考虑及时排解其任务负面情绪。任务层面对用脑疲劳的影响:当个体学生对一项任务的专注越高,负面情绪越多,越容易用脑疲劳。对此,建议观察学生不同的专注调动模式,针对任务调动专注的学生,及时纾困同时给予及时的情绪管理措施,缓解用脑疲劳;而自我层面对用脑疲劳的影响:当个体学生自我内生的专注越高,广度越广或者持续度好,按照自我特点模式用脑,越不容易用脑疲劳。建构主义教育范式承认并重视学习者个体的独特性^[19]。对此,教师可以通过情感监测技术监测学生的学习过程,对学生的学习状态、注意力状态、情绪状态进行识别,增加评估学生课堂表现,改进教学策略的依据。利用多样性技术,如声音检测、面部表情检测、眼动监测、脑电图监测、心率监测、皮肤温监测等了解每个学生的学习风格和用脑特点,尊重孩子的特点风格,尊重每一位学生个体差异性和独特性,因材施教。

5.2 面向不同成绩水平的学生重视环境沉浸性的打造

研究结果表明成绩水平高的学生沉浸度显著高于成绩

水平低的学生,即成绩水平高的学生对事情更容易沉浸,可见提高学生对学习沉浸的重要性。为了增强环境沉浸性,学生们可以以小组合作和头脑风暴的方式讨论问题(Duman, 2010)^[16]。Jensen(2005)建议允许在教学、课程和评估方面的多样性^[9]。当教师运用技术、艺术整合、多媒体和多种智力或学习风格的知识作为加强学习的一种方式时,学生就会参与学习。目前,教师可以通过数字化媒体技术,如数字VR和笔记本电脑,提供视频、讲座和虚拟实验室,将真实生活和工作环境带入课堂。Kaufeldt(1999)建议在课程中引入当前的时事和热点事件,以帮助学生建立联系^[24]。

5.3 面向不同成绩水平的学生重视任务诱发专注的纾困

研究结果表明显著影响学习成绩高低水平的因素为任务专注、任务负面情绪和用脑疲劳,即个体学生因任务投入的专注度越低,负面情绪越少,其学习成绩水平较高;同时,模型独立样本 T 检验表明成绩水平高的学生的任务专注显著低于成绩水平低的学生,说明在处理一项任务时,成绩水平高的学生因任务而调动的个体专注度要低一些。同时,相对于成绩水平中等的学生,成绩水平高的学生因任务而调动的个体专注度也是要低一些。究其成因,个体应对任务的技能胜任力和目标期望不同。对此,教师可以与学生举行一对一的会谈,为每个学生设计明确的目标和个人学习需求,从而明确其期望(Kaufeldt, 1999)^[25]。同时,教师可以使用标准化的考试,如测量学习进步(MAP),来确定学生的优势和劣势,然后与学生一起设定本学年的目标和期望。Kaufeldt(1999)和Jensen(2005)建议教师进行自我评估或同行评审,这些措施涉及高水平的思考和反思,同时反思结果可以帮学生重塑认知和元认知^[9,25]。

5.4 面向不同成绩水平的学生重视任务诱发的负面情绪管理

研究结果表明个体学生的负面情绪越少,越不容易用脑疲劳,其学习成绩水平较高。Sousa(2009)认为,影响学生积极情绪和动机的一个关键因素是反馈;人们需要感到有价值,而积极的反馈是满足自我价值感的一种方式^[24]。教师可以通过指导、促进和提供真实的反馈来帮助学生,学生期望鼓励性话语以及如何可以变得更好(Jennings,

2004)^[26]。同时,为了促进放松警觉性的大脑学习元素,教师可以考虑学习情境的情绪氛围(Kaufman, 2008)^[15]。Sousa(2006)建议在课堂上加入幽默,以降低适应负荷^[27]。笑会让大脑释放更多的氧气和多巴胺,并导致内啡肽的激增,内啡肽是大脑刺激大脑额叶的人体天然止痛药(Willis, 2006)^[28]。幽默可以减轻压力,调节疼痛,降低血压,放松肌肉紧张,增强免疫防御(Sousa, 2006)^[27]。另外, Jensen(2005)指出,让学生在课堂上经常站起来伸展身体,也可以使心率和血流量提高5%~8%^[9],如进行伸展运动、角色扮演、猜字谜游戏或快速投掷球游戏等。这些运动措施可以促进能量水平升高,并允许富含氧的血液流向大脑,以获得更好的表现(Ratey, 2008)^[29]。最后,对于一些情绪管理或应试心理技巧,教师可以指导学生如何做深呼吸、可视化冥想(Caine, 1994)^[2],如临近考试时,老师可以让学生们闭上眼睛,深呼吸,想象自己在考试中做得很好,这有助于平静大脑神经,考出比较好的成绩。另外,这些放松活动也可以安排在课堂休息时间,帮助学生重新集中注意力和恢复精力(Willis, 2009)^[30]。

参考文献

- [1] Caine, G., Caine, R.N., McClintic, C., Klimek, K. 12 brain/mind learning principles in action[M]. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2005.
- [2] Caine, R. & Caine, G. Making connections: Teaching and the Human Brain[J]. Rev. ed. Menlo Park, California: Addison-Wesley, 1994.
- [3] Greenleaf, R. Motion and Emotion Academic Research Library Principle leadership May[J]. 2003, 14.
- [4] Caine, G., Nummela-Caine, R., & Crowell, S. Mindshifts: A Brain-Based Process for Restructuring Schools and Renewing Education, 2nd edition[J]. Tucson, AZ: Zephyr Press, 1999.
- [5] LeDoux, J. The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life[J]. New York: Simon and Schuster, 1996.
- [6] Goleman, D. Emotional Intelligence[M]. New York: Bantam Books, 1997.
- [7] Goleman, D. (1998). Working with emotional intelligence[M]. New York: Bantam Books Nuray Okumuş-Ceylan & Esra Saka(2022). Does learning have any effect on students' academic achievement?[J]. International Journal of Education, Technology and Science, 2022, 2(4): 415-428
- [8] Hart, L. Human Brain & Human Learning[M]. New York, Longman, 2002.
- [9] Jensen, E. Fragile brains- Damage to the brain and environmental influences can account for certain learning problems[J]. Educational leadership, 2001, 59(3): 32.
- [10] Jensen, E. Teaching with the Brain in Mind[J]. 2nd ed. Alexandria, Va.: Association for Supervision and Curriculum Development, 2005.
- [11] Duman. The effect of brain-based instruction to improve on students' academic achievement in social studies Instruction[J]. 9th International Conference on Engineering Education, 2006: 14-17.
- [12] Bowman, J. B. Satisfaction with and preference for on-line learning: an investigation of the impact of social and emotional learning strategies[J]. Doctoral dissertation, Pennsylvania State University, Pennsylvania, 2003.
- [13] Brodnax, R. M. Brain compatible teaching for learning[J]. Doctoral dissertation, Indiana University, Indiana, 2004.
- [14] Willis, J. Brain-based teaching strategies for improving students' memory, learning, and test-taking success[J]. Childhood Education, 2007, 83(5): 310.
- [15] Kaufman, E.K. Engaging students with brain-based learning[J]. ACTE online, 2008.
- [16] Duman, B. The effects of brain-based learning on the academic achievement of students with different learning styles[J]. Educational Sciences: Theory and Practice, 2010, 10(4): 2077-2103.
- [17] Hileman, S. Motivating students using brain-based teaching strategies[J]. Agricultural Education Magazine, 2006. 78(4): 18.
- [18] Nelson, C. Inside the teenage brain[J]. FRONTLINE, Next Generation Science Standards, 2013, 64.
- [19] 周加仙. 基于脑的教育理论述评[J]. 外国教育研究, 2007(2).
- [20] Weiss, R. P. Training and Development-Alexandria-American Society for Training and Development[J]. Brain-based learning, 2000, 54(7): 20-24.
- [21] Langelier, C. A. & Connell, J.D. Emotions and learning: Where brain based learning and cognitive-behavioral counseling strategies meet the road[J]. River College Online Academic Journal, 2005, 1(1).
- [22] Wagner, K. Teach the mind[J]. Teach the mind, 2012, 12(2).
- [23] 薛贵, 董奇, 周龙飞, 等. 内部动机、外部动机与创造力的关系研究[J]. 心理发展与教育, 2001(1).
- [24] Sousa, D. Brain-friendly learning for teachers[J]. Educational Leadership, 2009, 66(9).
- [25] Kaufeldt, M. Begin with the Brain: Orchestrating the Learner-Centered Classroom[J]. Chicago: Zephyr Press, 1999.
- [26] Jennings, W. Breakthroughs in learning from brain based schools[J]. School Transformation, 2004.
- [27] Sousa, D. *How the Brain Learns*[J]. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2006.
- [28] Willis, J. Research-Based Strategies to Ignite Student Learning[J]. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2006.
- [29] Ratey, J. J. Spark: The Revolutionary New Science of Exercise and the Brain[J]. New York: Little Brown and Company, 2008.
- [30] Willis, J. How to teach students about the brain[J]. Educational Leadership, 2009.