

脑科学素养干预对教与学影响研究

杨进中 赵良千 王兴华 宋述婷 李林林

(青岛大学师范学院, 青岛 266071)

【摘要】 脑科学素养指对大脑运作原理的理解和辨识神经迷思(被曲解的脑科学知识)的能力。培养脑科学素养有助于我们理解教与学过程,对促进教育教学有重要意义。本研究遵循 PRISMA 协议,对脑科学素养干预研究开展系统综述。研究发现,在接受脑科学素养训练后,1)教师教学策略得到优化,教学技能得到提升,师生关系和教学态度均有积极变化;2)学习态度和行为表现有所改善。研究最后探讨了提升脑科学素养的教育模式和策略,以及脑科学素养干预研究存在的问题,如长期追踪研究不足、缺乏定量数据支持及对高等教育教师干预研究缺失等。未来线上干预研究和新兴脑科学技术接受度研究将成为新的研究方向。

【关键词】 脑科学素养;干预;系统综述

【中图分类号】 G434.9

【文献标识码】 A

【文章编号】 1007-2179(2024)03-0087-11

脑科学是研究大脑结构和功能的科学(周加仙等, 2008), 范围涵盖神经元到神经系统各个层次(Haynes et al., 2021)。从狭义上说, 脑科学和神经科学有相似之处, 均涉及神经元、突触、神经网络等微观层面。从广义上说, 脑科学还从行为学和心理学(包括认知心理学)视角研究大脑的高级功能, 如思维、感知、记忆、情感等。脑科学研究为我们提供了深入了解人类心灵内在构造的可能性, 能让我们更好地理解大脑的学习过程(Herculano-Houzel, 2002)。

然而, 脑科学知识多停留在理论层面, 没有被真正运用于教育实践中。正如布鲁尔(Bruer, 1997)所说, 脑科学和教育间横亘着“一座太远的桥”。为弥补脑科学与教育实践间的鸿沟, 本研究对脑科

学干预研究进行系统综述, 以期了解脑科学素养对教与学的影响, 改进教育教学实践。

一、研究进展与教育应用

(一) 研究发展

脑科学为教育提供了基于神经生物学机制的全新视角和方法, 使我们能深入了解学习的本质和机理, 挖掘更有效的教育方法和手段(Schwartz et al., 2019; Howard-Jones, 2014)。脑科学研究经历了从基于经验到基于生理结构, 从医学解剖到非侵入式技术应用的发展过程。

19世纪以来, 医学解剖的发展使得人们对大脑的认识更直接。奥地利医生和神经解剖学家高尔(Gall)首次发现大脑皮质不同部位具有不同功

【收稿日期】 2024-03-22

【修回日期】 2024-04-25

【DOI编码】 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2024.03.009

【基金项目】 青岛市教育科学“十三五”规划 2019 年度重大课题“‘互联网+’背景下教育创新模式研究”(QJK135A910); 山东省自科面上项目“基于 fNIRS 脑成像技术的人-AI 多模态交互及儿童认知和情感发展机制研究”(ZR2023MF059)。

【作者简介】 杨进中, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 信息技术与学习科学(copoplar@126.com); 赵良千, 硕士研究生, 研究方向: 信息技术与学习科学; 王兴华, 博士, 教授, 硕士生导师, 研究方向: AI 赋能教育、人机交互和脑神经科学(通信作者); 宋述婷, 硕士研究生, 研究方向: 信息技术与学习科学; 李林林, 硕士研究生, 研究方向: AI 人机交互与教育数据挖掘。

【引用信息】 杨进中, 赵良千, 王兴华, 宋述婷, 李林林(2024). 脑科学素养干预对教与学影响研究[J]. 开放教育研究, 30(3): 87-97.

能。法国医生布罗卡(Broca)揭示了大脑皮层语言区的存在(周加仙, 2004)。进入 20 世纪, 荣格·斯佩里(Sperry, 1984)提出左右脑的不同功能分工, 确立了大脑生理结构的功能定位理论。20 世纪 90 年代后, 随着脑成像技术与无创性脑扫描技术的发展, 研究人员借助正电子发射断层扫描、磁共振成像和功能磁共振成像等技术探索个体心理活动在不同脑区的神经活动状态(Chugani, 1998), 使人们对人脑的内在机制有了更深入、直接的认识。这为我们理解学习过程、改善教学设计提供了依据。随着非侵入式技术(如脑机接口技术)的发展, 越来越多的研究者和教育工作者开始探索如何将脑科学知识和研究成果应用于教育理论、实践和政策中(Im et al., 2018; Dubinsky et al., 2019), 以期为教育教学提供合理的解释与指导, 促进教育决策的科学化(周加仙, 2016)。

(二) 教育应用

脑科学研究是对大脑认知机制和学习原理逐渐明晰、深化的过程。揭示大脑工作的生理变化有助于研究大脑的认知、执行等过程及其影响因素, 同时也为指导教与学提供了依据。目前脑科学教育的教育应用主要有:

1) 大脑的发展阶段。皮亚杰认为人类的认知结构是从低到高、不断完善的阶段性过程。认知发展阶段理论有助于我们把握学习的关键期, 在孩子恰当的时机学习恰当的知识。2) 大脑功能分区。大脑功能区域的发现为理解大脑如何处理和整合感官信息提供了基础。3) 大脑的可塑性。具有成长思维(growth mindset)的学生更愿意面对困难, 更具学习动力和韧性, 学业成绩更易提升(Dweck et al., 2019); 突触的可塑性(Tokuhama-Espinosa et al., 2017)为成长思维理论和终身学习理论提供了生物学基础。4) 认知负荷与教学。认知负荷理论认为大脑的认知资源有限, 人类的认知过程存在认知负荷(Sweller, 1988), 通过教学设计优化学习材料的组织和呈现方式可降低认知负荷, 从而提升教学效果。脑成像技术的成熟有助于探究认知负荷对大脑的影响(许子明等, 2021)。5) 情绪与认知的关系。良好的情绪影响短时记忆的认知资源分配, 不良的情绪会造成皮质醇过高, 影响大脑的执行功能。脑科学研究发现, 情绪(Immordino-Yang, 2015)、认知

负荷(张鹤鸣, 2023)、慢波睡眠期(Lo et al., 2016)等对记忆有影响, 这为科学教学提供了依据。6) 大脑健康研究。健康的生活方式, 如适量运动、充足睡眠和健康饮食能通过多种机制相互作用, 共同促进大脑健康和认知能力的持续发展。7) 个体差异与多元智能。多元智能理论(multiple intelligence theory)阐释了认知发展的多元性, 教育教学应重视个体差异, 根据大脑特点和认知风格因材施教、“因脑施教”。

(三) 脑科学素养

脑科学素养指个人应当具备的对脑科学相关知识的基本理解和掌握, 以及能够运用这些知识指导学习和健康生活的能力。它包括对大脑结构、功能、大脑健康(Zardetto-Smith et al., 2002, Jolles et al., 2021)、大脑认知、情感和行为等基本科学概念的认识, 神经科学研究方法(Im et al., 2018)和对神经迷思的辨别能力(Horvath et al., 2018, Deligiannidi et al., 2015)。相较于教育神经科学注重科学研究与教育实践的深度融合(周加仙, 2009), 脑科学素养立足脑科学, 关注个体本身。研究表明, 具备脑科学素养的师生对教与学表现出更高的水平。因此, 脑科学素养在教育领域有不可忽视的价值。对教师来说, 了解脑科学的基本原理, 有助于其更精准地设计教学环境, 选择恰当的教学策略(Howard-Jones et al., 2009, Dubinsky et al., 2019), 对学生的发展起到积极促进作用(Im et al., 2018); 脑科学素养培训还能增强教师的自我效能感, 使其面对教学挑战时更具耐心和自信心(Dubinsky et al., 2013)。对学生来说, 具备成长思维和情绪管理能力等脑科学素养能使其更好地处理复杂信息(Debenham et al., 2021), 从而提高其规划学习的能力, 减少拖延行为, 提高学习效率, 增加对有意义学习的投入(Cherrier et al., 2020, Cherrier et al., 2023)。

目前脑科学素养研究集中在理论探讨和特定领域的实践分析(Grospletsch et al., 2021)。学界对脑科学素养干预研究缺乏系统梳理, 尤其是在如何影响学生的学和教师的教方面。普里维特拉等(Privitera et al., 2021)关注脑科学素养对教师的影响, 但对学生影响的研究不足。脑科学素养干预研究如何影响教师的教和学生的学, 本研究认为应关注现有干预措施的特点与不足及如何有效提升师

生的脑科学素养。

本研究基于 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 协议对脑科学素养教育干预研究进行系统性综述, 旨在为脑科学素养干预研究提供更全面深入的视角, 为教育教学和未来研究提供参考和启示。

二、研究方法

PRISMA 协议被广泛认可并采纳为系统评价 (Page et al., 2021) 的指导原则, 本研究遵循该协议, 对关键词进行四轮筛选, 确保系统综述的质量和严谨性。

(一) 数据来源和纳入标准

本研究在 WOS 和 SCOPUS 平台通过两组检索词进行检索, 时间截至 2023 年 8 月。第一组检索词由脑科学素养、脑科学知识、神经迷思及其衍生词汇构成: neuromyth* or “neuroscience literacy” or “brain-science literacy” or “brain literacy” or “neuroscientific literacy” or “neuroscience knowledge” or “neuro-literacy” or “brain knowledge”。第二组关键词来自教育领域: educator* or teacher* or student* or school。初步检索得到相关论文 358 篇。

本研究遵循 PRISMA 协议筛选论文: 检索范围限定为同行评议期刊, 语种为英语, 去掉重复论文, 得到论文 144 篇。根据标题和摘要内容, 本研究排除与脑科学素养无关的论文 (Abulaban et al., 2015) 及不包含脑科学素养干预措施的论文 (Horvath et al., 2018), 最后通读全文, 获得文献 32 篇。

(二) 数据编码

本研究对纳入文献进行分析和编码, 编码内容包括研究背景 (发表地区、发表时间、干预对象类型、样本数量、研究类型、干预时间跨度) 和研究主题 (教师专业发展、学生成长、素养培养) 等。

三、系统性分析

(一) 论文特征

纳入文献的研究背景分析见表 1。研究维度包括发表地区、样本特征、干预时间、研究方法。

1. 发表地区

各国对脑科学素养干预的关注度不同, 发达国家发文 26 篇 (81%), 明显多于发展中国家 (n=6,

19%), 其中美国发文量最高, 占 56%, 高于其他地区的总和 (见表 1)。英国、法国和伊比利亚各 2 篇 (6%), 智利、中国、马来西亚、德国、巴西、南韩、西班牙和加拿大各 1 篇 (3%)。这说明, 脑科学素养干预研究刚起步, 主要集中在美国、英国和法国等发达国家, 尚未在全球形成热潮。

2. 样本类型

样本类型方面, 涉及教师、学生的论文分别有 13 篇 (41%) 和 17 篇 (53%), 同时关注教师和学生的论文仅 2 篇 (6%)。这说明, 研究者更关注脑科学素养对学生的影响。

1) 在 15 篇以教师为样本 (包括混合样本 2 篇) 的研究中, 关注在职教师的占 73% (11 篇), 职前教师的占 27% (4 篇)。在职教师中, 研究跨学段混合类型的最多, 占 64% (7 篇); 研究中学教师的占 27% (3 篇); 研究小学教师的占 9% (1 篇)。可以看出, 干预样本类型以在职教师为主, 职前教师为辅; 混合型教师样本最多, 研究高等教育和学前教育阶段教师的少。

2) 在 19 篇以学生为样本 (包括混合样本 2 篇) 的研究中, 关注大学生的占 37% (7 篇), 中学生的占 37% (7 篇), 小学生的占 16% (3 篇), 学龄前学生的占 5% (1 篇), 学段混合类型的占 5% (1 篇)。可以看出, 学生样本中, 属高等教育阶段的较多, 学前和混合类的偏少。

3. 样本数量

在数量方面, 样本少于 20 人的有 4 篇 (13%), 20~50 人的 4 篇 (13%), 50~100 人的 7 篇 (22%), 100~200 人的 6 篇 (19%), 200~300 人的 3 篇 (9%), 样本大于 300 人的 4 篇 (13%)。另有 4 篇 (13%) 未说明样本数量。

4. 干预时长

干预时长少于 2 周的有 10 篇 (31%), 2~4 周的 4 篇 (12%), 4~8 周的 4 篇 (12%), 8~24 周的 7 篇 (22%), 24~48 周的 4 篇 (13%), 干预多于 48 周的仅 1 篇 (3%), 未说明干预时长的 2 篇 (6%)。总体而言, 干预时长偏短, 小于两周的短期干预最多, 多于一年的项目偏少。

5. 研究方法

样本文献以混合研究为主 (占 63%)、定量研究为辅 (占 28%), 质性研究仅占 9%。定量研究主

表1 研究背景编码结果

| 编号 | 作者 | 地区 | 年份 | 样本类型 | 样本规模 | 干预时长 | 干预地点 | 研究类型 |
|----|-----------------------------|------|------|----------|---|-----------------|--------|------|
| 1 | Lithander et al.(2021) | 美国 | 2021 | 大学生 | 157 | 少于1天 (活动型干预) | 实验室 | 定量 |
| 2 | Cui et al.(2021) | 中国 | 2021 | 教师 | 216 | 1周 | 未报告 | 混合 |
| 3 | Ferreira et al.(2022) | 智利 | 2022 | 职前教师 | 43 实验组+46 控制组 | 1年 | 大学 | 定量 |
| 4 | Cherrier et al.(2020) | 法国 | 2020 | 中学教师 | 212 | 9个月 | 中学 | 混合 |
| 5 | Babinski et al.(2018) | 美国 | 2018 | 中学教师和学生 | 学生: 202 实验组+193 控制组 教师: 13 控制组+6 实验组 | 3个月 | 中学 | 混合 |
| 6 | Frey et al.(2021) | 美国 | 2021 | 中学生 | 33 | 3个月 | 中学 | 混合 |
| 7 | Hachem et al.(2022) | 加拿大 | 2022 | 中学教师 | 75 | 1年 | 线上 | 定性 |
| 8 | He et al.(2009) | 美国 | 2009 | 大学生 | 339 | 2年 | 大学 | 定量 |
| 9 | Wolfe et al.(2017) | 美国 | 2017 | 大学生 | 80 | 7周 | 大学 | 混合 |
| 10 | Toledo et al.(2020) | 美国 | 2020 | 小学生 | 77 | 5周 | 学习 | 定量 |
| 11 | Imondi et al.(2019) | 美国 | 2019 | 中学生 | 58 | 15-16周 | 实验室 | 混合 |
| 12 | Brown et al.(2019) | 美国 | 2019 | 学前儿童 | 18 | 6周 | 幼儿园 | 定量 |
| 13 | Chang et al.(2021) | 美国 | 2021 | 文科教师 | 14 | 3周 | 大学 | 混合 |
| 14 | MacNabb et al.(2006) | 美国 | 2006 | 中学教师和中学生 | 教师: 56 学生: 9023 | 少于1天 (活动型干预) | 中学 | 定量 |
| 15 | Schwartz et al.(2019) | 美国 | 2019 | 文科教师 | 14 | 12天 | 大学 | 混合 |
| 16 | Tadielo et al.(2022) | 巴西 | 2022 | 教师 | 60 | 2个月 | 线上 | 混合 |
| 17 | Grospietsch et al.(2018) | 德国 | 2018 | 职前教师 | 40 实验组+17 控制组 | 14周 | 大学 | 混合 |
| 18 | Im et al.(2018) | 韩国 | 2018 | 职前教师 | 50 实验组+49 控制组 | 3个月 | 大学 | 定量 |
| 19 | Tan et al., (2022) | 英国 | 2022 | 小学教师 | 5 | 未报告 | 未报告 | 定性 |
| 20 | Goldreich(2004) | 美国 | 2004 | 大学生 | 176 | 未报告 | 大学 | 混合 |
| 21 | Ruiz-Martin et al.(2022) | 西班牙 | 2022 | 教师 | 509 实验组+108 控制组 | 1个月 | 线上 | 定量 |
| 22 | McMahon et al.(2019) | 英国 | 2019 | 职前教师 | 130 | 少于1天 (活动型干预) | 大学 | 混合 |
| 23 | Brick et al.(2021a) | 利比里亚 | 2021 | 教师 | 24+92 | 3周 | 教师培训机构 | 混合 |
| 24 | Brick et al.(2021b) | 利比里亚 | 2021 | 教师 | 24+92 | 3周 | 教师培训机构 | 混合 |
| 25 | Kouh(2020) | 美国 | 2020 | 大学生 | 未报告 | 13周 | 大学 | 混合 |
| 26 | Vidal(2020) | 美国 | 2020 | 大学生 | 未报告 | 少于1天 (活动型干预) | 大学 | 混合 |
| 27 | Zardetto-Smith et al.(2000) | 美国 | 2000 | 小学生 | 86 | 少于1天 (活动型干预) | 社区 | 混合 |
| 28 | Mohd-Ibrahim et al.(2015) | 马来西亚 | 2015 | 中学生 | 未报告 | 12个月 | 大学 | 混合 |
| 29 | Cunningham et al.(1999) | 美国 | 1999 | 中学生 | 未报告 | 少于1天 (活动型干预) | 中学 | 定量 |
| 30 | Zardetto-Smith et al.(2002) | 美国 | 2002 | 学前儿童和小学生 | 69 | 少于1天 (活动型干预) | 社区 | 混合 |
| 31 | Cherrier et al.(2023) | 法国 | 2023 | 大学生 | 179 实验组+20 控制组 | 6个月 | 大学 | 混合 |
| 32 | Fitzakerley et al.(2008) | 美国 | 2008 | 小学生 | 10000+ | 1周 | 社区 | 定性 |

要用于分析被试接受干预前后的变化, 质性研究主要用于访谈内容分析等。

(二) 研究主题

研究主题主要包括教师专业成长、学生成长和素养培养路径(见表2)。

1. 教师专业成长

32 篇文献中有 10 篇探究了脑科学素养对教师的影响(31%), 即教师接受脑科学素养培训后, 在教学策略选择、教学行为能力、师生关系和教学态度等方面的变化。

1) 教学策略选择。研究发现, 教师经过神经科学专业培训后, 教学决策(Chang et al., 2021)和教学信念(Grospietsch et al., 2018)发生了改变, 倾向于使用基于探究的策略(MacNabb et al., 2006), 减少了对讲授法的依赖(Grospietsch et al., 2018), 偏好选择以学生为中心的教学方式(Schwartz et al., 2019, Brick et al., 2021a)。例如, 常等(Chang et al., 2021)通过教授教育神经科学概念(educational neuroscience concept), 并对 14 位教师进行观察、访谈及问卷调查发现。结果表明, 参与教师对教学法的理解更为深刻, 在教学策略的选择上发生了明显变化。

2) 教学行为能力。研究发现, 神经科学素养能帮助教师理解为什么某些教学法是有效的, 该如何更好地使用这些教学法(Chang et al., 2021), 进而影响教师的课堂行为。这些知识能够让教师改善教学实践和教学环境(Chang et al., 2021, Tadielo et al.,

2022), 促进教师更好地整合 TPACK 结构(Cui et al., 2021)。在实际课堂行为中, 教师更加重视有意义学习, 能够更加客观地评价学生, 更好地调动学生的注意力(Hachem et al., 2022), 更好地激励学习者(Brick et al., 2021b, 2021a), 引导学生养成健康的生活方式(Brick et al., 2021b, Hachem et al., 2022)。例如, 崔等(Cui et al., 2021)对 216 位教师进行神经科学培训, 通过问卷调查和访谈发现, 神经科学知识、青少年发展知识和教育实践知识与 TPACK 各知识维度高度相关, 这说明神经科学知识有助于教师更好地整合技术、教学法和学科内容知识。

3) 师生关系。研究发现, 教师在经历神经科学的专业培训后, 师生关系明显改善(Hachem et al., 2022, Brick et al., 2021b, Chang et al., 2021)。教师更能理解学生的生理和情感需求(Chang et al., 2021), 更关注学生的精神健康, 表现出更多的助人行为和社会情感支持, 减少对学生的不当行为(Brick et al., 2021b)。哈希姆等(Hachem et al., 2022)发现随着教师对神经科学概念理解的深入, 教师教学能力增强了, 师生关系也更加亲密。

(4) 教学态度。研究发现, 神经科学的干预有助于提高教师的自我效能感(Brick et al., 2021a)。教师参与教学的热情提高明显, 认为自己在同行中赢得了更高声望(MacNabb et al., 2006)。教师对学生的责任感和教学动机及其他情感动机态度也相应得到提高(Brick et al., 2021a)。但也有研究指出, 脑科学素养培训不能提高教师的幸福感和满意度

表 2 脑科学素养干预研究主题

| 主题 | 子主题 | 文献 |
|--------|--------|--|
| 教师专业成长 | 教学策略 | Chang et al.(2021), Grospietsch et al.(2018), MacNabb et al.(2006), Schwartz et al.(2019), Brick et al.(2021a) |
| | 教学行为能力 | Chang et al.(2021), Tadielo et al.(2022), Cui et al.(2021), Hachem et al.(2022), Brick et al.(2021a), Brick et al.(2021b) |
| | 师生关系 | Hachem et al.(2022), Brick et al.(2021b), Chang et al.(2021) |
| | 教学态度 | Brick et al.(2021a), MacNabb et al.(2006), Schwartz et al.(2019), McMahon et al.(2019) |
| 学生成长 | 学习情感态度 | Toledo et al.(2020), Cherrier et al.(2020), Frey et al.(2021), He et al.(2009), MacNabb et al.(2006), Mohd-Ibrahim et al.(2015), Cunningham et al.(1999), Babinski et al.(2018) |
| | 行为表现 | Mohd-Ibrahim et al.(2015), He et al.(2009), Cherrier et al.(2020), Cherrier et al.(2023) |
| 素养培养路径 | 模式 | 1) Imondi et al.(2019), Goldreich(2004), Kouh(2020), Vidal(2020), Toledo et al.(2020), McMahon et al.(2019) 2) Brick et al.(2021a), Mohd-Ibrahim et al.(2015), Brown et al.(2019), Cunningham et al.(1999), Fitzakerley et al.(2008), Babinski et al.(2018), He et al.(2009), Wolfe et al.(2017), Tadielo et al.(2022) 3) Brown et al.(2019), Zardetto-Smith et al.(2000), Zardetto-Smith et al.(2002) 4) Grospietsch et al.(2018), Lithander et al.(2021), Ruiz-Martin et al.(2022), Tan et al.(2022), Ferreira et al.(2022) |
| | 策略或手段 | Cui et al.(2021), Tan et al.(2022), Cherrier et al.(2023), Frey et al.(2021), Brown et al.(2019), Zardetto-Smith et al.(2000) |

(Cui et al., 2021), 甚至出现感知价值 (perceived value) 降低 (McMahon et al., 2019)。麦克马洪等 (McMahon et al., 2019) 通过问卷调查和访谈研究神经科学培训对 130 位职前教师的影响发现, 教师接受训练前后对脑科学的兴趣并无显著差异, 其感知价值反而有所下降。他们认为这可能是由于受干预者本身对脑科学具有较高的兴趣, 导致其干预前后兴趣无显著差异。

2. 学生成长

32 篇文章中有 8 篇 (25%) 探究了脑科学素养对学生情感态度、行为表现的影响。

1) 学习情感态度。研究发现, 学生经历了神经科学的干预后, 上学意愿明显增强, 升学期望 (Toledo et al., 2020) 和自信心明显提高 (Toledo et al., 2020, Cherrier et al., 2020, Frey et al., 2021, He et al., 2009, MacNabb et al., 2006, Mohd-Ibrahim et al., 2015)。学生认为自己更加自立, 更有学习动力 (Cherrier et al., 2020), 对知识的自我感知明显增强 (Cherrier et al., 2020, Toledo et al., 2020), 学习兴趣也得到提高 (Frey et al., 2021, MacNabb et al., 2006, Cunningham et al., 1999)。但也有研究并未发现学生对神经科学或其他学科的学习兴趣发生变化 (Toledo et al., 2020), 这可能与被试在兴趣方面的初始值过高有关。在努力信念方面, 也有研究未发现实验组与对照组存在差异 (Babinski et al., 2018)。

2) 行为表现。研究表明, 学生经过干预后, 软技能得到提升 (Mohd-Ibrahim et al., 2015), 如规划学习的能力 (He et al., 2009, Cherrier et al., 2020, Cherrier et al., 2023), 他们能更合理地规划学习, 认为自己的学习更有效率 (Cherrier et al., 2020)。同时, 学生的学习策略和知识应用的成效也得到了改进 (He et al., 2009), 拖延行为明显减少 (Cherrier et al., 2023)。哈希姆等 (Hachem et al., 2022) 通过教师神经科学干预发现, 接受间接干预的学生在学习上更投入, 有更强的独立性, 其执行技能、推理技能和有意义学习能力都得到提升。值得注意的是, 有学者对学习规划能力 (Babinski et al., 2018, Cherrier et al., 2020, He et al., 2009)、学生成绩表现 (Cherrier et al., 2020, Mohd-Ibrahim et al., 2015) 和学生健康行为表现 (Wolfe et al., 2017, Babinski et al., 2018) 等的研究结果与此并不一致, 差异可能是源

于干预方式的不同。

3. 素养培养路径

32 篇文献中有 23 篇 (72%) 探究了培养脑科学素养的有效方法, 包括培养模式及有效手段或策略。培养脑科学素养的模式主要分为创新教学模式、培育培训师、早期教育和降低神经迷思。

1) 创新教学模式。它通过教学创新, 激发学习者对神经科学学习的参与, 调动学习者主动性。如基于神经科学实验项目模式 (Imondi et al., 2019)、借助脑筋急转弯调动学生思维的模式 (Goldreich, 2004)、要求学生阅读神经科学文献并向其他学生制作视频分享的顶峰课程模式 (Kouh, 2020), 以及要求学生不使用演示文稿, 而用纸巾向特定群体说明神经科学知识的“鸡尾酒餐巾”展示活动 (Vidal, 2020) 等, 调动学生学习脑科学的主动性, 以提高学生的神经科学素养。此外, 工作坊模式也得到了应用和验证。无论学生 (Toledo et al., 2020) 还是教师 (McMahon et al., 2019), 他们参加工作坊后神经科学素养都提高显著。托莱多等 (Toledo et al., 2020) 发现, 参与工作坊学习的 77 名六年级学生神经科学素养进步明显。

2) 培育培训师。先培养部分教师, 然后让这批教师培养更多教师的培育培训师模式 (the training-of-trainers model) 得到了有效认证 (Brick et al., 2021a)。如基于学校的神经科学俱乐部计划 (Neuroscience Club) 模式 (Mohd-Ibrahim et al., 2015)、集合更多社会力量的模式 (Brown et al., 2019, Cunningham et al., 1999, Fitzakerley et al., 2008)、神经科学与其他课程整合的模式 (Babinski et al., 2018, He et al., 2009, Wolfe et al., 2017) 等, 以低成本推广神经科学教育并吸引了大量学生。线上推广神经科学的模式也得到了有效验证。塔迪洛等 (Tadielo et al., 2022) 对 60 名教师开展线上神经科学培训后发现, 教师的脑科学素养得到了提高。

3) 早期教育。对儿童进行神经科学素养的早期教育被证明行之有效。小学低年级 (Zardetto-Smith et al., 2002)、学龄前儿童 (Brown et al., 2019) 都能有效地接受神经科学教育, 理解神经科学知识。儿童学习神经科学的兴趣和高于专业人士的预期 (Zardetto-Smith et al., 2000)。通过设计有趣的活动, 幼儿可以很好地学习神经科学。布朗等 (Brown

et al., 2019)联合神经科学专家和教育专家,为学龄前儿童设计了适合的神经科学课程,经问卷测试发现,接受过神经科学相关课程培训的儿童比没有接受过的儿童能更好地理解特定的内容材料。

4)降低神经迷思。教授师生神经科学知识可以降低神经迷思。例如,研究发现,研究人员对教师的神经科学专业培训(Tan et al., 2022)和课程培训(Grospietsch et al., 2018)产生了效果。费雷拉(Ferreira, 2022)发现,教师接受了神经科学课程培训后降低了神经迷思,但效果低于预期,且需要较长时间的疗程才能消除神经迷思。但通过教育心理学课程干预对教师的神经迷思没有产生任何影响(Im et al., 2018)。黎桑德等(Lithander et al., 2021)通过设计实验探究了直接反驳、反驳并解释和反驳并配图解释三种方式对学生神经迷思的影响,发现三种反驳对神经迷思的矫正效果相当,且干预效果可持续。这表明,代价低廉、明确的反驳(Grospietsch et al., 2018, Lithander et al., 2021, Ruiz-Martin et al., 2022)成为降低神经迷思最直接、简单、有效的纠正手段。

研究还指出培养脑科学素养应注意的策略或手段。如在干预过程中,最重要的是使抽象的脑科学概念具体化,重点应是通过实践(Cui et al., 2021),提供具体的说明(Tan et al., 2022),运用类比方法(Tan et al., 2022),或将理论结合实用工具(Cherrier et al., 2023),让学习者真正理解。树立榜样、建立支持性的环境也是有效手段(Frey et al., 2021)。对儿童进行神经科学干预需充分考虑儿童年龄阶段(Brown et al., 2019),弥合儿童真正的兴趣点和教育者认为儿童兴趣点之间的鸿沟(Zardetto-Smith et al., 2000),以及活用重复方法(Brown et al., 2019)等。谭等(Tan et al., 2022)在对5名小学教师开展约24小时的神经科学培训后发现,要使神经科学发挥教育作用,要避免晦涩难懂的神科学概念,结合具体说明、运用类比等方法将神经科学与教学联系起来。

四、讨论和结论

(一)脑科学素养对教与学的价值

脑科学素养干预能有效促进教师的专业发展。一方面教师的教学信念(Brick et al., 2021b, 2021a)

和教学态度(Schwartz et al., 2019)发生了积极变化,教师变得更加自信、热情,教学动机也得到了增强,能妥善调动学生注意力,引导学生健康的生活方式(Chang et al., 2021)。另一方面,脑科学素养干预改善了师生关系(Hachem et al., 2022)。

脑科学素养同样为学生带来了益处。一方面学生的上学意愿和升学期望显著增强(Toledo et al., 2020),学生更加自信、自立、充满动力(Cherrier et al., 2020);另一方面,脑科学素养干预提升了学生的学业规划能力(Mohd Ibrahim et al., 2015; Cherrier et al., 2020),促使学生合理地应用学习策略(He et al., 2009),减少拖延行为(Cherrier et al., 2023)。

神经科学被认为是教育改进的强心剂(Howard-Jones, 2019)。然而,也有学者认为“神经科学知识向教育领域的转化及其在教育场景中的成功应用尚无定论”(Dubinsky et al., 2019)。争议的关键在于单纯地教授神经科学知识能否带来教与学的直接收益。切利耶等(Cherrier et al., 2020)对学生进行干预后发现,学习者的神经科学知识得到提高,但学业成绩并没有变化。原因在于,教师没有清楚地传达神经科学概念与学习背后隐含的联系。这一观点和另外两位学者(Cui et al., 2021, Tan et al., 2022)的发现一致。由此可见,脑科学干预未能产生预期效果的原因在于其没有架起神经科学与教学实践的桥梁。这与乔尔斯(Jolles et al., 2021)的部分观点一致。

综上所述,脑科学素养干预不能仅向师生灌输孤立的脑科学知识,更应将脑科学知识与教学实践相关联。具体而言,微观层面需要以实践为基础,使抽象概念具体化(Cui et al., 2021),如运用具体说明和形象类比(Tan et al., 2022),结合实用工具(Cherrier et al., 2023),以及使用重复、游戏化等方法(Frey et al., 2021);中观层面需要树立榜样,建立支持性的外部环境(Frey et al., 2021);宏观层面需要构建教育神经科学理论体系,打造服务师生的外部环境,包括建立研究基地、开设专业课程、促进跨学科的合作研究等(周加仙, 2009; 黄蓝紫等, 2023)。

(二)存在问题

1. 缺乏长期的干预追踪

研究干预时长大于1学年的仅一例(He et al., 2009),干预时长占比最多的是小于半个月的短期

培训和单次活动(n=10, 见表1)。一项在社区举行的名为“大脑规则(Brain Rules)”的展览活动研究(Zardetto-Smith et al., 2002), 通过设置生动有趣的游戏, 让学生在在游戏中获得神经科学知识。尽管干预都报告了效果, 但短期培训产生的效果难以引发实际变化(Desimone, 2009)。研究表明, 学习者的脑科学素养是线性提高的, 通过学习神经科学知识提高神经科学素养可能需持续数个学期(Ferreira et al., 2022)。本次研究纳入的文献, 干预时长普遍不超过一个学期, 缺少对学习者的长时间的干预和追踪。这削弱了研究的可靠性, 也提醒脑科学素养干预研究的参与者需投入更多时间。

2. 研究结果以自我报告为主, 缺少对学业成绩的客观量化

在接受了脑科学素养干预活动后, 师生的能力都显著提高(Brick et al., 2021b, 2021a), 但研究数据主要基于学习者态度和水平的自我报告(Toledo et al., 2020), 以及对学习者的访谈(Hachem et al., 2022), 缺少客观学业成绩的报告。因此, 脑科学素养干预的实际效果有待更严谨的实验考证。在对学习成绩影响的研究中, 伊布拉希姆等(Ibrahim et al., 2015)发现脑科学素养提高了学生学业成绩, 切利耶等(Cherrier et al., 2020)则报告没有发现学生学业成绩的提高, 其解释是教师可能没有很好地将神经科学概念传授给学生。有关教师的干预中, 纳入的研究报告了教师教学行为的改善, 但没有探讨教师改善教学行为是否有效提高了学生成绩。总之, 尽管目前普遍认为脑科学素养能提高教师教学能力和学生成绩(Debenham et al., 2021), 但缺乏严格的量化研究。

3. 师生对新兴脑科学技术的态度是被大多研究者忽视的重要变量

在现有的脑科学素养干预研究当中, 绝大多数研究者将注意力放在教学表现方面, 如探讨教师教学水平是否得到显著提高(Chang et al., 2021), 学生学习态度是否出现积极变化(Vidal, 2020), 忽略了在脑科学素养干预前后, 受干预者对脑科学技术的态度是否发生了实质性转变。因为研究参与者对脑科学技术的态度在很大程度上决定着脑科学研究在教育实践领域能否顺利开展。

脑机接口技术逐渐融入教育实践, 有望成为监

控学生学习状态(刘新玉等, 2023)、激活学生认知潜力(盛豪杰, 2023)、优化教师课堂教学策略(王朋利等, 2020)的重要手段。但由于脑科学涉及复杂和精细的生理器官, 且与人的思维、情感紧密相连, 常被蒙上神秘的面纱, 同时还涉及诸多伦理道德问题, 因此尽管脑机接口技术的教育应用前景诱人, 但该技术仍受到质疑。教师和学生作为教育过程的主要参与者, 他们的态度是新兴技术应用的关键。师生的脑科学素养是否会影响他们对脑科学技术教育应用的态度, 这一问题有待探索。

综上, 本研究系统梳理了脑科学素养教育干预的研究现状, 探讨了其对教育教学的影响。研究不局限于对某个项目的长期追踪, 而是从更大范围全面审视脑科学素养干预对教育教学的价值。本研究不仅确认了脑科学素养干预对教师的积极作用, 包括优化教学策略、改进教学实践、增强师生关系以及改善教师情感态度等, 还揭示了该干预对学生学习成效的正面影响, 进而丰富和完善了脑科学素养教育干预理论体系。

目前, 脑科学素养干预研究的不足在于缺乏长期的干预追踪研究以及对其概念的明确界定。此外, 高等教育教师的脑科学素养研究有待深化。针对学生线上学习场景的干预, 以及脑机接口等新兴脑科学技术的教育应用成效及其接受度有望成为未来研究的新方向。

[参考文献]

- [1] Abulaban, A. A., Obeid, T. H., Algahtani, H. A., Kojan, S. M., Al-Khathaami, A. M., Abulaban, A. A., Bokhari, M. F., Merdad, A. A., & Radi, S. A. (2015). Neurophobia among medical students[J]. *Neurosciences*, 20(1): 37-40.
- [2] Babinski, L. M., Murray, D. W., Wilson, W. A., Kuhn, C. M., & Malone, P. S. (2018). Impact of a neuroscience-based health education course on high school students' health knowledge, beliefs, and behaviors[J]. *Journal of Adolescent Health*, 63(4): 489-496.
- [3] Brick, K., Cooper, J. L., Mason, L., Faeflen, S., Monmia, J., & Dubinsky, J. M. (2021a). Tiered neuroscience and mental health professional development in Liberia improves teacher self-efficacy, self-responsibility, and motivation[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15(11): 664730.
- [4] Brick, K., Cooper, J. L., Mason, L., Faeflen, S., Monmia, J., & Dubinsky, J. M. (2021b). Training-of-trainers neuroscience and mental health teacher education in Liberia improves self-reported support for students[J]. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15(18): 653069.

- [5] Brown, A. R., Egan, M., Lynch, S., & Buffalari, D. (2019). Neuroscience and education colleagues collaborate to design and assess effective brain outreach for preschoolers[J]. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education : JUNE : A Publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience*, 17(2): A159-A167.
- [6] Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far[J]. *Educational Researcher*, 26(8): 4-16.
- [7] Chang, Z., Schwartz, M. S., Hinesley, V., & Dubinsky, J. M. (2021). Neuroscience concepts changed teachers' views of pedagogy and students[J]. *Frontiers in Psychology*, 12(11): 685856.
- [8] Cherrier, S., Le Roux, P. Y., Gerard, F. M., Wattelez, G., & Galy, O. (2020). Impact of a neuroscience intervention (Neurostrate) on the school performance of high school students: Academic achievement, self-knowledge and autonomy through a metacognitive approach[J]. *Trends in Neuroscience and Education*, 18(1): 100125.
- [9] Cherrier, S., Wattelez, G., Ferriere, S., & Borst, G. (2023). NeuroStratE: An educational neuroscience intervention to reduce procrastination behavior and improve executive planning function in higher students[J]. *Frontiers in Education*, 8(17): 1149817.
- [10] Chugani, H. T. (1998). Biological basis of emotions: Brain systems and brain development [M]. H. T. CHUGANI, *New Perspectives in Early Emotional Development*. Johnson Pediatric Institute; Miami: 5-16.
- [11] Cui, Y., & Zhang, H. (2021). Educational neuroscience training for teachers' technological pedagogical content knowledge construction[J]. *Frontiers in Psychology*, 12(9): 792723.
- [12] Cunningham, S. L., & Kunselman, M. M. (1999). University of Washington and partners' program to teach middle school students about neuroscience and science careers[J]. *Academic Medicine*, 74(4): 318-321.
- [13] Debenham, J., Newton, N., Champion, K., Lawler, S., Lees, B., Stapinski, L., Teesson, M., & Birrell, L. (2021). Neuroscience literacy and substance use prevention: How well do young people understand their brain?[J]. *Health Promotion Journal of Australia*, 33(2): 395-402.
- [14] Deligiannidi, K., & Howard-Jones, P. A. (2015). The neuroscience literacy of teachers in Greece[J]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174(2): 3909-3915.
- [15] Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures[J]. *Educational Researcher*, 38(3): 181-199.
- [16] Dubinsky, J., Roehrig, G., & Varma, S. (2013). Infusing neuroscience into teacher professional development[J]. *Educational Researcher*, 42(6): 317-329.
- [17] Dubinsky, J. M., Guzey, S. S., Schwartz, M. S., Roehrig, G., & Cooper, J. L. (2019). Contributions of neuroscience knowledge to teachers and their practice[J]. *The Neuroscientist*, 25(5): 394-407.
- [18] Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A view from two eras[J]. *Perspectives on Psychological Science*, 14(3): 481-496.
- [19] Ferreira, R. A., & Rodriguez, C. (2022). Effect of a science of learning course on beliefs in neuromyths and neuroscience literacy[J]. *Brain Sciences*, 12(7): 811.
- [20] Fitzakerley, J. L., & Westra, R. (2008). Service learning in rural communities. Medical students teach children about the brain[J]. *Minnesota Medicine*, 91(12): 38-40.
- [21] Frey, J., Vo, Q., Kramer, J., Melnic, V., & Adcock, A. (2021). Impact of early introduction to the neurosciences on west virginia high school students via the Brain Bee[J]. *Medical Science Educator*, 31(5): 1601-1605.
- [22] Goldreich, D. (2004). Teaching undergraduate neuroscience with brain teaser experiments[J]. *Occupational Therapy in Health Care*, 18(1-2): 49-55.
- [23] Grospietsch, F., & Lins, I. (2021). Review on the prevalence and persistence of neuromyths in education – where we stand and what is still needed[J]. *Frontiers in Education*, 6(7): 665752.
- [24] Grospietsch, F., & Mayer, J. (2018). Professionalizing pre-service biology teachers' misconceptions about learning and the brain through conceptual change[J]. *Education Sciences*, 8(3): 120.
- [25] Hachem, M., Daignault, K., & Wilcox, G. (2022). Impact of educational neuroscience teacher professional development: Perception of school personnel[J]. *Frontiers in Education*, 7: 912827.
- [26] Haynes, E. M., & Jakobi, J. M. (2021). Elevating neuroscience literacy and an approach for physiologists[J]. *Advances in Physiology Education*, 45(4): 797-802.
- [27] He, X., La Rose, J., & Zhang, N. (2009). Integrated neuroscience program: An alternative approach to teaching neurosciences to chiropractic students[J]. *The Journal of Chiropractic Education*, 23(2): 134-146.
- [28] Herculano-Houzel, S. (2002). Do you know your brain? A survey on public neuroscience literacy at the closing of the decade of the brain[J]. *Neuroscientist*, 8(2): 98-110.
- [29] Horvath, J. C., Donoghue, G. M., Horton, A. J., Lodge, J. M., & Hattie, J. a. C. (2018). On the irrelevance of neuromyths to teacher effectiveness: Comparing neuro-literacy levels amongst award-winning and non-award winning teachers[J]. *Frontiers in Psychology*, 9(9): 364249.
- [30] Howard-Jones, P. (2019). *Neuroscience and education: A review of educational interventions and approaches informed by neuroscience*[M]. UK: Education Endowment Foundation.
- [31] Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages[J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12): 817-824.
- [32] Howard-Jones, P. A., Franey, L., Mashmouhi, R., & Liao, Y. C. (2009). The neuroscience literacy of trainee teachers[C]. *British Educational Research Association Annual Conference*. Manchester: 1-39.
- [33] 黄蓝紫, 周琬琦, 周凌云 (2023). 英国教育神经科学: 缘起, 发展与反思 [J]. *现代大学教育*, 39(4): 39-47.
- [34] Im, S. -H., Cho, J. -Y., Dubinsky, J. M., & Varma, S. (2018). Taking an educational psychology course improves neuroscience literacy but does not reduce belief in neuromyths[J]. *Plos One*, 13(2): e0192163.
- [35] Immordino-Yang, M. H. (2015). Emotions, learning, and the

- brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience (the Norton series on the social neuroscience of education) [M]. WW Norton & Company.
- [36] Imondi, R., Bass, K. M., Patel, R., & Santschi, L. (2019). NeuroLab research experiences: extending the cure design framework into an informal science setting dedicated to pre-college stem instruction[J]. *Journal of STEM Outreach*, 2(1): 10.15695/jstem/v2i1.08.
- [37] Jolles, J., & Jolles, D. D. (2021). On neuroeducation: Why and how to improve neuroscientific literacy in educational professionals[J]. *Frontiers in Psychology*, 12(12): 752151.
- [38] Kouh, M. (2020). A capstone course where students present contemporary neuroscience research to high school students[J]. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education : JUNE : A Publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience*, 19(1): A89-A93.
- [39] Lithander, M. P. G., Geraci, L., Karaca, M., & Rydberg, J. (2021). Correcting neuromyths: A comparison of different types of refutations[J]. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 10(4): 577-588.
- [40] Lo, J. C., Ong, J. L., Leong, R. L., Gooley, J. J., & Chee, M. W. J. S. (2016). Cognitive performance, sleepiness, and mood in partially sleep deprived adolescents: The need for sleep study[J]. *Sleep*, 39(3): 687-698.
- [41] 刘新玉, 王东云, 师丽(2023). 脑机接口教育应用: 原理、潜能与障碍 [J]. *开放教育研究*, 29(1): 18-25.
- [42] Macnabb, C., Schmitt, L., Michlin, M., Harris, I., Thomas, L., Chittendon, D., Ebner, T. J., & Dubinsky, J. M. (2006). Neuroscience in middle schools: A professional development and resource program that models inquiry-based strategies and engages teachers in classroom implementation[J]. *CBE Life Sciences Education*, 5(2): 144-157.
- [43] McMahon, K., Yeh, C. S. -H., & Etchells, P. J. (2019). The impact of a modified initial teacher education on challenging trainees' understanding of neuromyths[J]. *Mind Brain and Education*, 13(4): 288-297.
- [44] Mohd-Ibrahim, S. D., & Muda, M. (2015). Neuroscience club in SKKK3 and SMSTMFP: The brain apprentice project[J]. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS*, 22(4): 64-68.
- [45] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hrobjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T. J., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., Medonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews[J]. *British Medical Journal*, 372(n71): 10.1136/bmj.n71.
- [46] Privitera, A. J. (2021). A scoping review of research on neuroscience training for teachers[J]. *Trends in Neuroscience and Education*, 24(12): 100157.
- [47] Ruiz-Martin, H., Portero-Tresserra, M., Martínez-Molina, A., & Ferrero, M. (2022). Tenacious educational neuromyths: Prevalence among teachers and an intervention[J]. *Trends in Neuroscience and Education*, 29(12): 100192.
- [48] Schwartz, M. S., Hinesley, V., Chang, Z., & Dubinsky, J. M. (2019). Neuroscience knowledge enriches pedagogical choices[J]. *Teaching and Teacher Education*, 83(7): 87-98.
- [49] Sperry, R. (1984). Consciousness, personal identity and the divided brain[J]. *Neuropsychologia*, 22(6): 661-673.
- [50] Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning[J]. *Cognitive Science*, 12(2): 257-285.
- [51] 盛豪杰(2023). 脑机接口赋能教育教学的基本立场与应用边界——以保障学生身心健康为核心展开 [J]. *电化教育研究*, 44(11): 90-96+112.
- [52] Tadielo, A. L. T., Sosa, P. M., & Mello-Carpes, P. B. (2022). Physiology faculty and student contributions to schoolteacher training in neuroscience: innovations during the COVID-19 pandemic[J]. *Advances in Physiology Education*, 46(4): 606-614.
- [53] Tan, Y. S. M., & Amiel, J. J. (2022). Teachers learning to apply neuroscience to classroom instruction: case of professional development in British Columbia[J]. *Professional Development in Education*, 48(1): 70-87.
- [54] Tokuhama-Espinosa, T., Knig, J., Ansari, D., & Leask, M. (2017). Developmental cognitive neuroscience: Implications for teachers' pedagogical knowledge[M]. Paris: OECD Publishing.
- [55] Toledo, M. A., Koochak, N., Gupta, A., Lopez, L. N., Nieri, T., & Curras-Collazo, M. C. (2020). Interactive student-centered neuroscience workshops for sixth graders enhance science knowledge and education attitudes[J]. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education : JUNE : A Publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience*, 18(2): A75-A85.
- [56] Vidal, G. S. (2020). Cocktail napkin presentations: Design of an activity to enhance undergraduate communication and critical evaluation of neuroscience primary literature[J]. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education : JUNE : A Publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience*, 18(2): A112-A120.
- [57] Wolfe, U., & Moran, A. (2017). Integrating brain science into health studies: An interdisciplinary course in contemplative neuroscience and yoga[J]. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education : JUNE : A Publication of FUN, Faculty for Undergraduate Neuroscience*, 16(1): A77-A82.
- [58] 王朋利, 柯清超, 张洁琪(2020). 脑机接口的智能化课堂教学应用研究 [J]. *开放教育研究*, 26(1): 72-81.
- [59] 许子明, 牛一帆, 温旭云, 周月莹, 王澎湃, 邹霞, 张道强(2021). 基于脑电信号的认知负荷评估综述 [J]. *航天医学与医学工程*, 34(04): 339-348.
- [60] Zardetto-Smith, A. M., Mu, K., Ahmad, S. O., & Royeen, C. B. (2000). A model program for bringing neuroscience to children: An informal neuroscience education program bridges a gap[J]. *Neuroscientist*, 6(3): 159-168.
- [61] Zardetto-Smith, A. M., Mu, K. L., Phelps, C. L., Houtz, L. E., & Royeen, C. B. (2002). Brains rule! Fun equals learning equals neuro-

science literacy[J]. *Neuroscientist*, 8(5): 396-404.

[62] 张鹤鸣. (2024). 工作记忆脑网络的认知负荷效应及其调节 [D]. 电子科技大学, DOI: 10.27005/d.cnki.gdzku.2023.000302..

[63] 周加仙(2004). 基于脑的教育研究: 反思与对策 [D]. 华东师范大学: 5.

[64] 周加仙(2009). 教育神经科学的领域建构 [J]. 华东师范大学

学报: 教育科学版, 27(3): 69-74+82.

[65] 周加仙(2016). 基于证据的教育决策与实践: 教育神经科学的贡献 [J]. *全球教育展望*, 45(8): 90-101.

[66] 周加仙, 董奇(2008). 学习与脑可塑性的研究进展及其教育意义 [J]. *心理科学*, (1): 152-155.

(编辑: 赵晓丽)

A Systematic Review of the Impact of Brain Literacy Interventions On Teaching and Learning

YANG Jinzhong, ZHAO Liangqian, WANG Xinghua, SONG Shuting & LI Linlin

(Teachers' College, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

Abstract: *Brain literacy refers to the ability to understand the principles of brain operation and identify neural misconceptions. It helps us better understand the process of teaching and learning, and is essential in promoting education and teaching. Following the PRISMA protocol, the paper reports a systematic review of research on brain literacy interventions in education. The study examined multiple factors such as research background, publication area, sample type, scale, research type, and intervention duration, and ultimately selected 32 relevant articles for in-depth analysis. The analysis results revealed optimized teaching strategies, improved teaching skills, and positive changes in the teacher-student relationship and teaching attitudes after receiving the training in brain literacy. In addition, students had improved their learning emotions, attitudes, and behavioral performance after receiving relevant interventions. The study found that improving brain literacy can effectively enhance the quality of teaching and the learning ability of students. The study also explored the educational models and methods for enhancing brain literacy and identified some problems in the current research on brain literacy intervention, such as insufficient long-term tracking research, lack of quantitative data support, and a lack of research on intervention for higher education teachers. Future online intervention research and acceptance of emerging brain technologies will become new research directions.*

Key words: *brain literacy; intervention; systematic review*