

教育中神经神话的可视化分析及教育启示

周加仙 张志聪 陈丹 沈洁

【摘要】丰富的教育神经科学成果促进了教育事业的纵深发展和改革。而在这个过程中,对神经科学成果的误解和误读却造成了一个亟须清除的障碍——“神经神话”。神经神话在教育系统中普遍存在的这一现状,严重影响到教师的教学效率和学生的发展。目前这方面的研究还没有引起国内学者的足够重视。因此,本研究对2012-2022年来发表的关于神经神话的文献进行了可视化分析与总结,揭示了神经神话流行的现状、影响因素及干预措施,最后提出了一些教育启示和建议。

【关键词】神经神话;教师教育;可视化分析;教育神经科学

【作者简介】周加仙,华东师范大学教育学部教育心理学系/教育神经科学研究中心,E-mail:zhoujiaxian999@163.com;张志聪(通讯作者),华东师范大学教育学部教育心理学系/教育神经科学研究中心,E-mail:psychologyzc@qq.com;陈丹、沈洁,华东师范大学教育学部教育心理学系/教育神经科学研究中心(上海 200062)。

【原文出处】《华东师范大学学报》:教育科学版(沪),2023.8.63~78

【基金项目】国家自然科学基金面上项目“汉语阅读教育对神经网络的作用及其机制”(61877019)。

一、引言

随着教育神经科学的发展,教育与神经科学的联系愈加紧密,“基于脑的教学和学习”也成为流行的趋势。教育神经科学研究成果在应用于教育实践的同时,由于学科沟通不足,加上许多在职教师没有系统地学习教育神经科学的知识,对科学实验成果与教学实践之间的关系产生了一些误解(Aronsson,2019),导致教育中“神经神话”(neuromyth)的产生。神经神话的流传使得教育神经科学的相关研究成果无法被有效地应用到课堂教学中,严重影响了教育神经科学的转化与应用。因此,在新近关于教育神经科学发展趋势的文献中,多个研究者都提到了要对教育中的神经神话保持警惕,同时应加强对神经神话的测查与反思(陈丹 & 刘璐璐,2021;邢强 & 张美琦,2021;张婧婧等,2021)。

2002年,经济合作与发展组织(OECD)在一份探讨脑科学的进步如何影响教育实践的报告中,将“神经神话”定义为一种错误观念,一种对脑科学研究观点的误解、误读或误用(OECD,2002)。“神经神话”虽来源于神经科学,但是它在演化的过程中偏离了神经科学的本原研究。“神经神话”通过运用科学的权威来增加其细节论述的合理性,同时引用科学研究或者科学家的话语等增加其“可信度”(周加仙,2008)。因此,神经神话中常常保留着少部分科学知识,而正是这些残余的科学元素支撑着

神经神话的流传,使之获得广泛的影响力与可信度,从而免除科学的审查与逃避人们的质疑。神经神话通过各种信息途径可能对校长、教师、学生、家长们的教育观点带来不良的影响,教育者如果信奉并在教学实践中执行神经神话,就容易使有限的教学资源被浪费(Dekker, et al., 2012)。这些错误观念会导致教育者将时间和资源分配在无效的教学上,而不是使用已经被证明的有效策略(Bissessar & Youssef, 2021; Dunlosky, et al., 2013)。因此,对于教育中的神经神话,我们需要引起足够的关注和重视。

一项在我国华东地区(上海、江苏和浙江)开展的关于神经神话的调查结果发现,有71%的中国教师持有神经神话的观念和对脑科学知识的误解(Pei, et al., 2015);另一项对西部甘肃地区中小学校长开展的调查也发现了神经神话具有广泛的流行率(Zhang, et al., 2019)。这在一定程度上表明,在我国不同的经济发展水平地区,在教育工作者中都存在和流行着神经神话(Cui & Zhang, 2021),这是一个令教育者担忧的结论。然而,国内学术期刊对神经神话的主题关注得还相对较少,并且更多地集中在理论思辨层面上(陈巍、汪寅,2015;李焯、叶明,2010;武志峰,2021;周加仙,2008),缺乏更深入的实证研究。神经神话具有文化上的差异性与一致性。文化背景的差异会影响教师对不同的神经

神话产生不同程度的迷信(Pei, et al., 2015)。而一项元分析报告了神经神话对十个国家教师队伍的跨文化对比,结果也比较相似(Ferrero, et al., 2016),这说明,神经神话在全球不同文化国家的教育者中普遍存在。这种差异性和一致性启示我们对神经神话的研究需要立足本土的教育文化环境,同时借鉴国际研究成果,以推动教育神经科学更好地为教育者和学习者服务。

可视化的知识图谱是对教育文献进行定性和定量研究的一种方法,具有较高的研究质量,便于研究者全面审视一个主题的结构和研究热点、重点等信息(郭文斌,2016)。因此,本文聚焦2012-2022年发表在外文数据库中有神经神话的实证研究文献,对神经神话在教育研究中的基本趋势和动向、流行现状和影响因素进行分析,最后提出相应的对策。本研究的目的,一方面,是为国内教育神经科学研究者提供可参考的研究方向和方法;另一方面,是为了进一步提高教师的教育神经科学素养,为改善教学实践质量与效率等提供一些有益的信息和启示。

二、神经神话的研究现状

本研究数据来源于 Web of Science(WOS)所有数据库,并使用 VOSviewer 软件对采集到的文献数据进行可视化处理。数据库检索词为"neuromyth or neuromyths",检索范围为所有字段,在不限定年份的条件下检索到 149 条相关文献数据(检索时间:2022 年 12 月)。研究者通过年份(2012-2022 年)对数据检索结果进行精选后获取 141 条相关数据,占数据结果的 94.63%。根据精选结果可知,对“神经神话”的研究主要集中在 2012 年之后,具体趋势

见图 1。从图 1 中可以看出,从 2012 年以后该主题的研究文献整体上呈现上升趋势,表明研究者越来越关注“神经神话”问题,但从文章总体数量上看,“神经神话”还并不是热门的研究方向。

(一)在神经神话这个主题上发文的国家和机构

对 141 个文献数据进行统计发现,在 WOS 数据库中 2012 年至 2022 年间全球共有 35 个国家 145 个机构发表过有关“神经神话”主题的文章,而发文超过 2 次以上的国家有 19 个,存在相互合作的国家有 13 个。其中,相互合作关系显著的国家有美国、英格兰、西班牙、德国、澳大利亚、加拿大、中国等,即在 35 个国家中,这几个国家的发文量较高,最高发文国为美国和英格兰。由此可见,目前“神经神话”的问题受到了不少国家的关注,美国、英格兰和西班牙等国家对“神经神话”的关注度和重视度比较高。这些数据也说明,神经神话是一个具有广泛性的国际话题。

(二)共被引期刊

目前关于“神经神话”的研究中最常引用的文献大部分来自《Mind, Brain and Education》《Frontiers in Psychology》和《Frontiers in Human Neuroscience》等期刊。共被引期刊共有 816 个数据,共被引用次数 ≥ 20 次的期刊共有 18 个,其中共被引次数最高的期刊为《Mind, Brain and Education》(citations: 199)、《Frontiers in Psychology》(citations: 139)和《Nature Reviews Neuroscience》(citations: 62)(见下页图 2 和图 3),这三个期刊主要属于教育学(Pedagogy)、心理学(Psychology)和神经科学(Neuroscience)领域,这说明神经神话问题得到了这三个领域的共同关注。

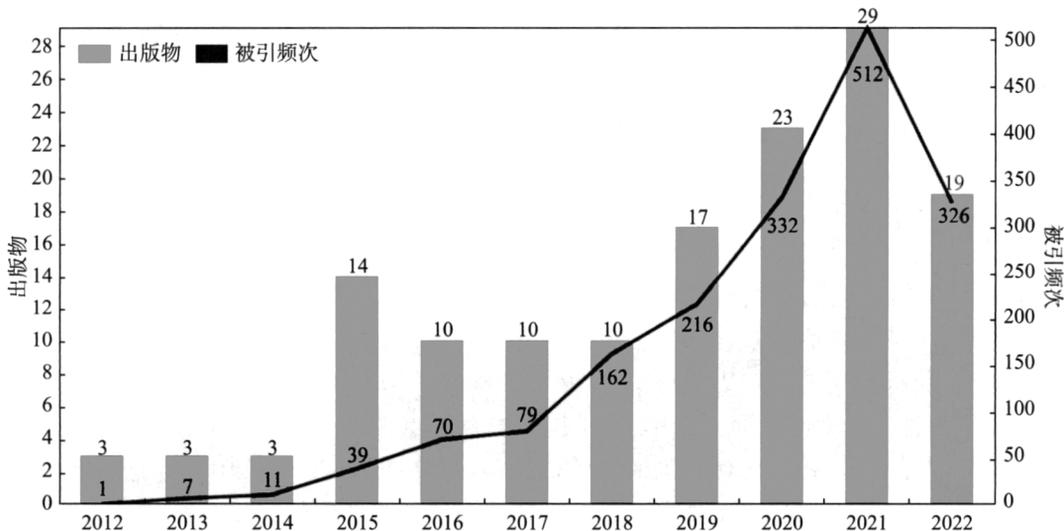


图 1 “神经神话”主题的发文量与被引量趋势

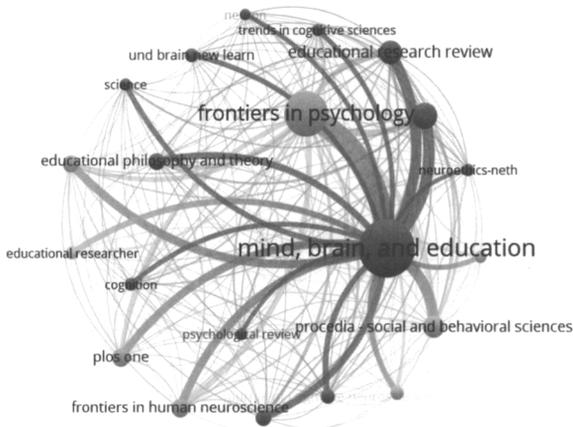


图2 期刊共被引网络

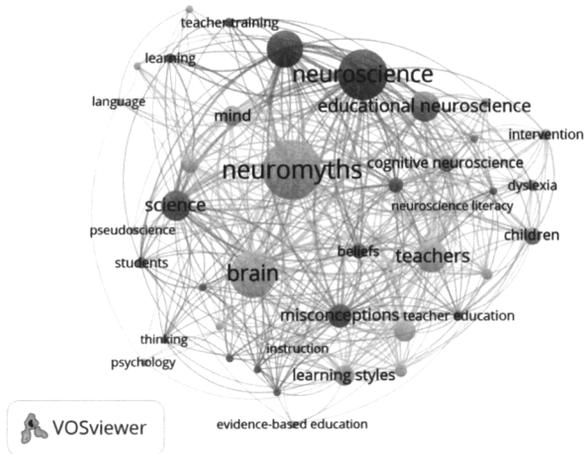


图4 关键词共现网络



图3 高频共被引期刊

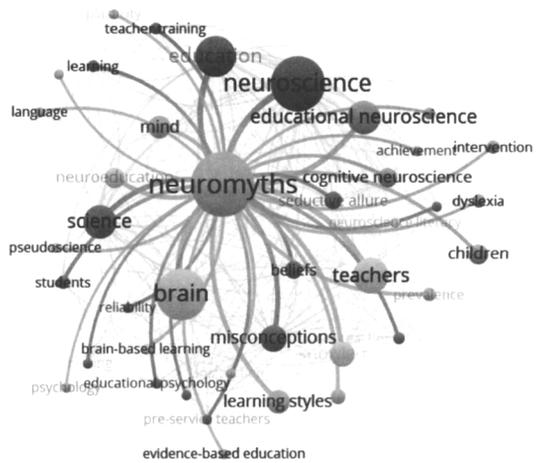


图5 关键词共现子网络

(三) 神经神话关键词的共现

通过删除无意义词及合并同义词之后,本研究在 141 篇文献数据中获取了 409 个关键词数据,取关键词共现阈值 ≥ 3 ,获取一个由 90 个关键词构成的共现网络,具体如图 4、图 5 所示。通过图 4 可以发现,最显著的节点除了神经神话(neuromyths)、神经科学(neuroscience)、脑(brain)、教育神经科学(educational neuroscience)之外,还有教师(teacher)、教育(education)、教师培训(teacher training)、错误概念(misconceptions)、学习风格(learning style)、神经可塑性(neural plasticity)等关键词,即神经可塑性、基因、错误概念、基于脑的学习和学习风格等是神经神话研究中常见的主题关键词。此外,如图 5 所示,以“神经神话”节点为中心向外辐射的子网络中显示该节点与“教育”“教师”“学生”和“教育神经科学”等节点之间存在显著的密切相互共现关系。由此可见,神经神话主要流行于教育领域当中,并涉及教师和学生群体。

三、神经神话与教育的关系研究现状分析

研究者进一步对“神经神话”在教育中的研究现状进行了分析。基于文献检索的结果发现,当前在境外学术期刊上发表的以“神经神话”为核心的大多数研究都是围绕问卷调查、干预研究等实证分析和理论综述来展开的。其中问卷调查主要是对各国(地区)教育者群体的神经神话流行率进行分析,并且对人口学因素做了相关和差异检验。干预研究则探索了一些对减少神经神话信仰程度的有效的、可行的措施。另外,也有少部分的研究通过实验的方式探究了教师神经神话来源的心理和认知因素(Luiz, et al., 2020; Potvin, et al., 2020; Van Elk, 2019)。下面我们将详细分析神经神话的实证研究结果,包括流行率分析、影响因素分析和干预措施分析。

(一) 教育者中神经神话的流行率

研究者通过对 Web of Science、谷歌学术和 Scopus 数据库进行综合检索,筛选范围集中在发表于

2012年至2022年的同行评议期刊上,主题聚焦于调查教育者群体中与“神经神话”流行率相关的研究,最终共检索到35篇相关文献。经过整理后发

现,调查对象覆盖了从幼儿园教师到大学教师及教育相关人员(包括职前教师、教育专业大学生、校长及教育管理者等),具体调查结果详情见表1。

表1 2012-2022年神经神话在各国(地区)教育者中的流行率调查结果及影响因素

作者/年份	范围/人数/对象	流行率调查结果	影响因素
Ruiz-Martin, et al. (2022)	西班牙/807名在职中小学教师	教师同意30.3%的神经神话,对14.8%的神经科学常识项目回答错误。只有1.1%的参与者能认出“通过精神运动练习可以提高阅读能力”的说法是错误的。只有20.2%和25.1%的参与者能够判断出关于记忆训练和多元智能的错误陈述。	性别、受教育水平、专业背景、教学层次都产生了显著差异,只有阅读神经科学书籍和论文、阅读科学期刊、拥有科学学位或拥有博士学位才能产生显著的中等差异。更多的教学年限虽然有差异,但效应量非常小。阅读普通报刊和教学期刊的习惯也没有显著差异。
Bissessar & Youssef (2021)	加勒比地区/338名在职中小学教师	三分之二的样本无法辨认出至少50%的神经神话。	性别、学校类型、教育水平和教学年限都没有显著差异;一般的脑科学知识、教师培训和在职教育神经科学培训是神经神话信仰的重要预测因素。
Craig, et al. (2021)	加拿大、美国、英国等/253名在职和职前中小学教师	最普遍认同的神经神话是使教学适应学生的学习风格。	加拿大教师对神经神话回答的正确率显著高于美国;北美以外地区的教师与美国或加拿大的教师之间没有显著差异。各组正确率在教学年限、对神经科学的兴趣以及当前教学分工的人口学变量方面没有显著差异。
Krammer, et al. (2021)	奥地利/255名职前教师	相信神经神话和拒绝神经神话的职前教师在学习成绩上没有实质性差异,自我报告的神经神话信仰并不能区分成绩好的和成绩差的初始师范教育学生。	—
Mahmoudi, et al. (2021)	伊朗/449名大学在职和职前教师	神经神话在学生和教师中普遍存在,有8个神经神话是最普遍的。	—
Painemil, et al. (2021)	西班牙、智利/99名职前幼儿教师	两国被试大多数都相信神经神话,相信五个神经神话的比例超过50%。	并没有在国别上发现显著差异。
Carter, et al. (2020)	澳大利亚/1359名职前教师	在调查的15个神经神话描述中,参与者表现出对神经神话的广泛认同,正确识别神经神话的准确率仅为33.2%。	教师对脑科学的常识负向预测了更准确的神经神话得分,但影响作用不大。
Ching, et al. (2020)	中国香港/968名职前教师	大多数职前教师的脑科学知识有限,并认同许多常见的神经神话,他们对在教育中应用神经科学持积极态度。	阅读科学学术期刊习惯不同的职前教师神经神话得分存在显著差异,每月阅读5次科学学术期刊的职前教师得分显著降低;一般的脑科学知识是唯一能显著地对神经神话有预测作用的因素。
Gülsün & Köseoğlu, (2020)	土耳其/146名在职生物教师	大多数生物教师对脑科学的正确知识能答对三分之一以上,但对神经神话判断正确的不超过三分之二。	—
Hughes, et al. (2020)	澳大利亚/228名中小幼教师	超过50%的样本相信15个神经神话中的7个。	男性教师相信神经神话的比例低于女性教师;研究生学历的教师相信神经神话的比例显著最低;教学年限和教学地区都没有显著差异。
Idrissi, et al. (2020)	摩洛哥/330名在职小学教师	有一半的教师相信12个神经神话中的9个。	脑科学知识充足会减少对神经神话的认可;女性教师比男性教师更容易相信神经神话;理科教师比其他学科教师更不相信神经神话。

续表 1

作者/年份	范围/人数/对象	流行率调查结果	影响因素
Tovazzi, et al. (2020)	意大利/174名在职中小幼学教师	教师对神经神话的平均接受度达到了约40%,其中关于学习科学的神经神话达到了92%。	—
Van Dijk & Lane (2020)	美国/169名教育领导者、大学教师和在任、职前中小学教师	受访者只对三分之一的神经神话做出了正确回答。最常被误解的神话与提高识字能力的运动协调练习、右脑-左脑神话和学习风格有关。	大学教师的神经神话识别率要显著高于其他类型的教育者,其他类型教育者组别之间没有显著差异。
Grospietsch & Mayer (2019)	德国/550名职前理科教师	超过50%的职前理科教师认可11个神经神话中的10个。对学习风格的存在(93%)和脑力训练的有效性(92%)的信念是最普遍的。	对神经神话的认可在很大程度上与教师的专业知识无关,也与关于学习科学和神经科学的学习信念无关,无论这种信念是来自于理论还是来自于自己的学习经历。
Sarrasin, et al. (2019)	加拿大/972名中小幼教师	大多数教师同意“学习风格”“多元智力”和“大脑半球优势”的说法。	教师的神经神话获取来源主要是大学教育、直觉和基于教学经验的感知。拥有硕士或博士学位的教师似乎并不比只接受过初步培训的同事更少相信神经神话;幼儿园的教师比小学和中学教师更倾向于相信神经神话。
Zhang, et al. (2019)	中国/253名中小学校长	校长们对神经科学感兴趣,他们普遍相信神经神话。最普遍的神经神话是关于学习风格、学前儿童的丰富环境和运动改善脑功能的神话。	重点学校校长比普通学校校长更容易相信神经神话,而学历水平高的校长比学历水平低的校长更不容易相信神经神话。教学年限、学校地点或拥有脑科学的一般知识都不能预测神经神话的流行率。
Horvath, et al. (2018)	英国、美国、澳大利亚/50名获奖和865名未获奖教师	这两个群体对神经神话的接受程度几乎相同。	—
Kim & Sankey (2018)	澳大利亚/1144名职前教师	在调查的五个神经神话中,97.1%的参与者相信学习风格的存在,超过80%的参与者相信三个神经神话,几乎一半的参与者相信所有五个神经神话。	教师的神经神话来源主要有自己的教师、培训讲师、教育组织/团体、商业电视广告以及自己的父母。一般神经科学知识以及对神经神话的信仰之间具有一个小的正相关关系。
Ruhaak & Cook (2018)	美国/129名特殊教育职前教师	在8条神经神话中,34.8%的参与者对3.48条神经神话回答不正确,35.6%的参与者对3.56条神经神话回答正确,28.8%的参与者对2.88条神经神话回答不知道。	与学习有关的脑结构和功能信息的大学课程数量与对神经神话的准确反应之间存在正的、显著的相关。
Torres & Alvarado (2018)	厄瓜多尔/328名职前教师	平均而言,参与者未能识别56%(SD=27%)的神经神话,并正确回答54%(SD=25%)的常识性问题。	参与者对神经神话的信仰在性别上没有显著差异。
Canbulat & Kiriktas (2017)	土耳其/752名在职和职前教师	参与者错误地回答了31个问题中几乎50%的问题。	在职教师对神经神话的认同在性别、教学年限和教学层次上没有显著差异,参加教育神经科学研讨会或课程的在职教师判断出神经神话的比率更高;女性、学习成绩和参加教育神经科学研讨会或课程的职前教师判断出神经神话的比率更高。
Macdonald, et al. (2017)	美国/598名教育工作者、234名接触神经科学多的人、3045名普通大众	普通大众认同的神经神话数量最多(68%),教育工作者认同的数量明显较少(56%),而高神经科学接触组认同的数量更少(46%)。所有小组中最常认同的两个神经神话与学习风格和阅读障碍有关。	年龄(更年轻)、学历(有研究生学位)、接触过神经科学课程和接触过同行评议的科学,都预示着对神经神话有更准确的表现。

续表 1

作者/年份	范围/人数/对象	流行率调查结果	影响因素
Papadatou-Pastou, et al. (2017)	希腊/573 名 职前教师	职前教师认为神经科学知识对教师是有用的,在 22 个神话中,有 8 个被至少 50% 的参与者回答不正确。	脑科学常识更少的教师更有可能相信神经神话。研究生学历、就读的大学、阅读的科普书籍或每月阅读的书籍数量都不能预测对神经神话的判断错误。
Varas-Genestier & Ferreira (2017)	智利/91 名 中小学 教师	教师有一些神经科学的一般知识,但他们也认为,7 个神经神话中的 83.7% 是真实的,特别是那些与学习风格、脑训练和大脑半球优势有关的误解。	阅读流行的科普期刊和教师的神经科学知识都能显著预测神经神话的出现;一般的神经科学知识 with 神经神话的流行率存在高度的正相关。
Dündar & Gündüz (2016)	土耳其/2932 名 职前小学、中学数学和理科教师	神经神话在职前教师中存在普遍性。神经神话的得分因学科而异,职前理科教师中更为普遍。	职前教师的神经神话信仰在性别、年级、专业,是否阅读书籍、科学期刊和报纸因素上具有显著差异。
Ferrero, et al. (2016)	西班牙/284 名 中小幼、职业教师	教师平均未能识别 49.1% 的神经神话。	女性比男性更容易相信神经神话;对大脑常识问题做出正确回答的教师也更有可能相信神经神话;虽然阅读科学杂志会减少对神经神话的信仰,但阅读教育杂志却会增加神经神话信仰。其余因素(性别、年龄、教学年限、阅读书籍、查阅网站和博客)不能预测神经神话的信仰。
Hermida, et al. (2016)	阿根廷/204 名 幼儿教师	对教师来说,对脑记忆、可塑性和“我们只使用大脑的 10%”的神话似乎并不清楚。	—
Park, et al. (2016)	韩国/521 名 小学、初中 职前教师	只有不到 1% 的参与者正确回答了关于学习风格的问题,只有不到 10% 的人对丰富学习环境、左脑或右脑的学生以及迁移效应等问题回答正确。	在认为脑科学知识非常有帮助、对脑可塑性有很多了解、通过媒体和学术文章获得脑科学知识的职前教师中,关于这四个问题的神经神话得分更高。
Deligiannidi & Howard-Jones (2015)	希腊/217 名 中小学 教师	包括近 71% 的教师认为,大脑半球优势的差异有助于解释学习者之间的个体差异,97% 的教师认可根据学习风格进行教学的有效性。	—
Gleichgerricht, et al. (2015)	拉丁美洲/3451 名 各级 教师	教师对有关脑的一般陈述做出判断的平均正确率为 66.7%,平均未能识别 50.7% 的神经神话。	在拉丁美洲中,秘鲁的神经神话流行率显著最高,其他国家不存在显著差异;教师的教育水平有显著差异,但效应较小;阅读一般科学文本和初级科学文献以及是否接触神经科学的材料对正确识别神经神话的能力没有影响;年龄与教学年限与识别神经神话的能力无关;关于脑的一般陈述与对神经神话的信念之间发现了一个小的显著正相关性。
Pei, et al. (2015)	中国/238 名 中小学 教师	华东地区的教师持有许多关于脑的神经神话和误解,其中包括大脑半球优势的差异,相信脑功能整合的协调训练,还有 97% 的教师认同根据学习风格进行教学的有效性。	—
Tardif, et al. (2015)	瑞士/283 名 小学 实习教师、在 职高中、大学 教师和 教师培 训师	绝大部分人同意大脑半球优势和学习风格的假设;相信“脑训练”的教师中,大部分认为这个方法受到脑研究的支持,同意它有利于学生的学习,对他们的学生使用(或打算使用)这种方法。	大学教师与高中教师对与大脑半球优势和模式优势的神经神话认同没有差异;教师比实习教师更同意“有些人更多地使用左半球—左脑,而其他人更多地使用右半球—右脑”这一事实和基于左脑和右脑功能区分的教学方法有利于学习的说法;教师比实习教师更相信大脑偏侧化优势的正确性。

续表 1

作者/年份	范围/人数/对象	流行率调查结果	影响因素
Karakus, et al. (2015)	土耳其/278 名中小学教师	在总共 32 条陈述中,参与者平均正确回答了 14.56 条。其中,教师相信 15 条神话中的 53.02%。	
Rato, et al. (2013)	葡萄牙/583 名中小学幼儿教师	在六个神经神话中,被相信较多的是左右半球优势、多元智力和学习风格。	
Dekker, et al. (2012)	英国、荷兰/242 名中小学教师	教师相信 49% 的神经神话,特别是与商业化教育项目有关的迷信。15 个神话中的 7 个被 50% 以上的教师所相信。	科学知识对神经神话信仰有显著的预测作用,脑科学知识得分越高的教师越有可能相信神经神话;其他因素[国家、性别、年龄、学校类型(小学/中学),以及阅读科普书籍、科学期刊或在职培训]都无法预测神话的流行率。

从表 1 可以看出,不管国家或地区的经济发展水平和文化价值观如何,教育者对大部分“神经神话”普遍认同,且这种现象似乎并没有随时间的推移而产生显著变化(Rousseau, 2021)。神经神话中的“学习风格假设”“大脑半球优势”“大脑练习进行半球功能整合”“大脑关键期”和“大脑只利用了 10% 的容量”等论断在各国(地区)调查的数据中都具有较高的认同度,几乎可以被认为是教师神经神话观念的“重灾区”,而这些普遍流行的神经神话早在 2002 年 OECD 出版的《理解脑:走向新的学习科学》一书中就已经进行了阐述(OECD, 2002)。我们在 2004 年发表的系列论文就对神经神话中“大脑 10% 潜能”论断进行了剖析、对左右脑教育进行了批判(周加仙, 2004a; 2004b),并在《教育神经科学引论》《教育神经科学:学科建制与教育创新》两本著作中做了更深入的分析。

(二) 教育中神经神话流行率的影响因素

基于表 1 可知,目前,许多研究都分析了教育者人口学因素在神经神话信仰上的差异。最常见的是性别、年龄、教学年限、学校层次和地点、阅读偏好、培训经历等。有一些研究得出了相似的结果,比如女性教育者比男性教育者更容易相信神经神话(Ferrero, et al., 2016; Hughes, et al., 2020; Idrissi, et al., 2020),不同学段(幼儿、小学、中学)教育者都同样容易受到神经神话的影响(Gleichgerrecht, et al., 2015; Idrissi, et al., 2020),教学年限对神经神话没有显著影响(Bissessar & Youssef, 2021; Craig, et al., 2021; Hughes, et al., 2020)。但有一些研究却没有得出统一的结果。比如,一些研究发现,性别并没有显著差异(Canbulat & Kiriktas, 2017; Torres & Alvarado, 2018)。导致这种结果不一的原因可能有以下三种:首先,调查人群之间的异

质性较大,背景的差异导致结果无法统一进行比较;第二,由于在分析人口学变量的差异时统计方法都过于简单,主要是相关分析、回归和差异检验等方法,并没有对各种背景因素之间的交互作用做深入的分析;第三,由于各个调查所使用的问卷工具并不统一,有一些问卷是自编和改编的,计分方式也不一样。因此,后续需要更严谨的元分析和实验设计来确定这些因素真正的影响和因果关系。

一些研究表明,教育者的阅读习惯也是神经神话的重要影响因素(Ching, et al., 2020; Ruiz - Martin, et al., 2022)。公众对神经科学的兴趣助长了神经神话的泛滥,而大众传媒为了使脑科学的信息能够轻松地被公众阅读和理解,在传播的过程中常常会过度简化地概括脑科学的研究结果(Fischer, et al., 2010),这些传播上的缺陷很容易导致媒体向公众传播不相关的、耸人听闻的甚至是遗漏了重要证据的信息(Pasquinelli, 2012)。另外,市场在利益的驱使下,也会抓住教师群体对教育神经科学知识的兴趣,利用公共话语权操控信息并进行虚假营销,结果就使部分教师难以更好地了解教育神经科学,难以获得高质量的、基于可靠证据的信息(Hook & Farah, 2013)。由此导致了教育者对教育神经科学知识的一知半解,进而加速了神经神话的流传。前人的调查数据显示,教师们获取教育神经科学信息及神经神话信息的主要渠道有商业传播媒体(电视、杂志、社交媒体)、图书馆、心理学或教育学书籍、期刊、教师同事或有声望的教师等途径(Dekker & Kim, 2022; Kim & Sankey, 2018)。这些知识获取的渠道提升了教师群体关于教育神经科学的知识量,同时也促进了神经神话的广泛流行。

教师群体对教育神经科学的知识储备不足、缺乏相关的课程培训等是先行研究中最常提及的影

响神经神话流行的因素 (Ching, et al., 2020; Pei, et al., 2015)。Özdoğru & Balatekin (2018) 的研究结果表明,当教师在缺乏神经科学知识基础但又对神经科学在教育中的应用抱有高度的兴趣时,教师更容易接受或认同错误的相关信息并受其影响,从而引发神经神话问题的产生。Tardif, et al. (2015) 也在他们的调查中发现了教师们更容易相信那些易于理解且易于与课堂教学方法相结合的神话,即与教学应用相关的神经神话更容易引发教师对该神话的信任。显然,当某一群体在缺乏一定的相关知识量时,该群体便很难对信息做出客观、正确或合理的判断。

正如 Macdonald, et al. (2017) 的调查显示,对神经神话认同度最高的为普通大众 (68%), 其次为教育工作者 (56%)、高神经科学接触人员 (46%)。从数据上可以看出,高神经科学接触组的“神经神话”识别力要强于其他组,但依然有近一半的高神经科学接触人员认同了神经神话的相关表述。这说明有关神经科学的教育与培训活动有助于降低但并不能完全消除神经神话现象,教师在学习真正的神经科学知识的同时也获得了一些错误观念,或者也可能是接受了一些并不是非常严谨、科学的培训。因此,与神经科学相关的教育与培训需要加强对神经神话的识别力度,提供准确且具体的教育神经科学知识 (Tardif, et al., 2015; Varas-Genestier & Ferreira, 2017)。

但是,即使拥有更丰富的相关知识储备,也并不一定有助于提高信息识别的能力。有调查发现,在具有较高的一般神经科学知识储备的在职教师群体中也显示出神经神话的高流行率 (Dekker, et al., 2012; Varas-Genestier & Ferreira, 2017)。也就是说,在职教师的神经科学知识获取量越大,他们对神经神话的肯定性就越高。这个结果看起来似乎不合理,但进一步分析发现,参与调查的在职教师中大部分主要通过阅读专业性不强的大众科普读物来获取相关的知识。从表面上来看,教师们虽然确实接触到了更多的脑科学知识,也渴望将这些知识应用到教学实践中,但他们也有更大概率会接触并误解一些还未被证实的脑科学假设,会相信一些已被证实错误但依然被传播的信息 (Dekker, et al., 2012; Özdoğru & Balatekin, 2018; Varas-Genestier & Ferreira, 2017)。这也说明了非专业的媒体或读物更容易影响教师对脑科学信息的正确判断,这一点在 Park, et al. (2016) 的研究中得到了进一步的证实。相反,一般神经科学知

识对职前教师来说却是一种保护性因素 (Carter, et al., 2020; Papadatou-Pastou, et al., 2017), 这表明将教育神经科学纳入大学课程可以有助于职前教师在正式进入教育领域前减少先入为主的神经神话信仰。

总的来说,对神经科学的热情加上缺乏正确的神经科学知识 (Betts, et al., 2019)、难以接触同行评审文章 (Betts, et al., 2019; Macdonald, et al., 2017)、研究者和实践者之间的交流障碍 (Devonshire & Dommett, 2010; Howard-Jones & Paul, 2014)、文化和认知上的偏见 (Pei, et al., 2015)、证实偏差 (个体具有寻找支持先验理论或信念的倾向) (Sarrasin, et al., 2019) 以及对科学证据的偏信 (Ritchie, et al., 2012) 等因素都能促使个体更容易去相信神经神话 (Dekker & Kim, 2022)。而提升教育领域人员对神经科学知识的辨别能力,也许还需要心理学、认知神经科学及教育神经科学等领域与教育领域展开更多的合作与沟通,设计去伪求真的专业课程内容及实施课程培训等途径来实现。

(三) 流行性神经神话对教育的影响及干预

误解或错误引用科学实证结果的神经神话现象与教学实践者息息相关。随着教育与神经科学之间沟通的增加,人们越来越担心神经神话的流行对教师群体及一线教学带来的影响。影响教师群体的神经神话通常会以“基于脑”的课程或书籍的形式出现,旨在指导相关群体做出“科学的教学策略”。尤为严重的是,某些培训机构通过使用虚假或误导的营销概念创建一系列所谓的基于脑科学的课程并向教师传播神经神话 (Sullivan, et al., 2021)。这使得一些想理解学生行为表现背后的“科学”机制的教育工作者们,在接受了伪科学的教育培训之后,往错误的方向去改变教学计划,结果导致教学效率下降 (Gleichgerricht, et al., 2015)。教师们对严谨的教育神经科学研究成果日益增长的兴趣与不严谨、不科学、非专业的培训及科普读物之间的矛盾,导致了神经神话在教育领域的长期存在 (Ching, et al., 2020; Goswami, 2006; Howard-Jones & Paul, 2014; Privitera, 2021), 这是教育领域不能轻视的问题。

教师的教学理念和态度会通过自身的教学实践影响学生,并通过教学效果得到体现 (Krammer, et al., 2021; Mahmoudi, et al., 2021; Painemil, et al., 2021; Rincón, et al., 2022)。目前已有调查发现,一部分教师想要或已经在课堂上使用基于神经科学研究成果的教学模式 (Rato, et al., 2013; Ruhaak &

Cook,2018;Zhang,et al. ,2019)。此外,还有很大一部分师生表示对教育神经科学有非常浓厚的兴趣,并认为神经科学的研究成果能够对他们的教学管理工作起到促进作用(Bailey,et al. ,2018;Düvel,et al. ,2017;Ferrero,et al. ,2016;McMahon,et al. ,2019)。一项对中小学及高校教师的调查报告显示,大部分教师愿意使用这些得到脑科学研究“支持”的教学方法,并认为这有利于学生的学习(Tardif,et al. ,2015)。很显然,教师们对神经神话的认同在很大程度上会对教育实践产生影响。尽管目前还没有直接证据表明,相信这些错误观念会阻碍教学实践,但某些教育政策已经受到神经神话的影响,导致资源和金钱的不合理支出(Dekker,et al. ,2012;Grospietsch & Lins, 2021; Rousseau, 2021),这可能也会阻碍教师采取有效的教学程序(Busso & Pollack, 2015; Goswami, 2006)。因此,为了减少神经神话对教育的负面影响,有些研究者已经探究了一些降低神经神话流行率的干预措施(详见表2)。

根据表2可知,从研究方法上看,教育神经科学的教育和培训通常采用了前测—后测对比的研究设计,这是几乎所有先行研究都呼吁和使用的干预方法。职前和在职教师是主要的干预对象。职

前教师主要是与教育相关的大学生,也有少部分实习教师和职前大学教师。从干预人数上看,在职教师占88.47%,职前教师占11.53%,对职前教师的干预研究相对偏少。在所报告的性别中,女性教育者占主要部分。教师可以在干预中对自己的知识概念进行测试和完善,从而减少对神经神话的信仰。研究发现,注重激活理性思维和减少直觉思维的干预方法能有效消除教师的神经神话。注重激活理性思维即要求干预者采用基于反驳性的(refutational)干预和教学措施。反驳性的教学要求干预者以产生冲突或不满的方式解决或激活错误概念,同时提供可理解的、合理的替代方案和可以为预测提供框架的证据这种类型的教学驳斥错误的概念,并以科学的替代方案取代它(Kowalski & Taylor,2017)。鼓励教师参加教育神经科学研讨会等方法也是让教师在课堂上践行基于教育神经科学证据的教学实践的途径(Rousseau,2021)。探讨神经科学与教育干预之间的复杂性以及神经科学理论在正规教育环境中应用的实证研究目前还相对很少(Dubinsky,et al. ,2019),需要后续更多的关注与研究,为有效的教育神经科学培训提供更有利的证据,降低神经神话在教师群体中的流行率。

表2 2012-2022 年对教育者进行神经神话干预研究的结果

文献	干预对象	人数	性别/年龄	干预形式	干预时长	干预效果
Ferreira & Rodríguez (2022)	职前大学教师	43	35 名女性 M _{age} = 25.39	学习科学课程	32 周,每周 2 小时 40 分钟	长时间干预措施显著提高了职前教师的整体神经科学素养,并减少了神经神话的信念,但由于规模相对较小,神经神话陈述的可变性较高,因此效果不大。但一些最受欢迎的神经神话确实随着时间的推移出现了至少 15% 的明显下降。
Ruiz-Martin, et al. (2022)	在职小学和 中学教师	509	— —	教育神经科学 在线课程	一个月,共计 15 小时	在培训后不久和长期内(3 个月),干预措施对降低神经神话的流行率有很大影响。
Tan & Amiel (2022)	在职 1-6 年级 教师	5	— —	学习研究项目	24-25 小时	教师加深了对人类知识建构和理论神经科学的理解以及对神经神话的对抗。神经科学的知识可以提升教师在学习和教学法方面的科学理论。
Cui & Zhang (2021)	在职小学和 中学教师	216	145 名女性 M _{age} = 25.39	教育神经 科学培训项目	1 周	培训项目可以促进教师对教育神经科学相关知识的理解,而且教育神经科学相关知识与教师教学内容知识也有关联性。

续表 2

文献	干预对象	人数	性别/年龄	干预形式	干预时长	干预效果
Chang, et al. (2021)	在职中小学教师	14	— —	教育神经科学概念课程	3 周	在课程结束后一年进行调查,结果发现,教师一致认为,教育神经科学概念课程在他们的教学中作为组织原则是有用的,并影响了教师对学生的看法,以及课堂教学和行动。
Ferrero, et al. (2020)	在职特殊教育、幼、小、中学、职业教育和从事一个以上教育层次的教师	45 研究 1	40 名女性 $M_{age} = 39.08$	阅读反驳文本	平均 20 分钟 (包括测试)	与没有被反驳的错误概念相比,当教师看到反驳文本中的错误概念时,他们对这些概念的信念显著降低。
Ferrero, et al. (2020)	在职幼、小、中学教师	35 研究 2	26 名女性 $M_{age} = 40.91$	阅读反驳文本, 30 天后复测	—	反驳文本的影响是短暂的,并在 30 天后消失。
Howard-Jones, et al. (2020)	在职教师	585	— $M_{age} = 25.39$	专业发展培训课程	90 分钟	参与者对神经科学概念具有的教学价值有了更多的感知,并且在随访 153 人的子样本中,这种效应在 6-12 周后依然存在。
McMahon, et al. (2019)	实习教师	130	102 名女性 $M_{age} = 25.39$	“学习科学”研讨会	8 个月	受训者对神经神话的信念有所下降,并转变为不确定性的反应。
Schwartz, et al. (2019)	在职中小学幼儿园教师和课程专家或管理人员	14	11 名女性 —	基于教育神经科学概念的暑期课程	12 天, 共计 36 小时	教师对神经科学的理解显著提高。此外,教师在课程结束后修改他们的教案,显示出更多以学生为中心的教学方法的整合。
Friedman, et al. (2019)	在职 K-12 教师和教育人员	80	— —	神经教育学适应项目	一个学期	该项目表明,在职教师有能力将神经科学知识应用到他们的课堂教学中,而不存在任何困难,他们表现出高度的理解力,并证明了神经科学对教育的重要性。
Tan, et al. (2019)	在职小学教师	8	— —	学习研究项目	10 个月	“学习研究”被证明是一种有效的教师专业发展模型,其中理论知识(如神经科学),可以在课堂环境中使用和测试,以深度支持教师的实践。这种教学与研究的关系支持探索理论知识与教育之间富有成效的联系,以推进学习和教学的科学性。
Im, et al. (2018)	职前小学教师	50	女性 35 人 $M_{age} = 20.86$	教育心理学课程	3 个月	参加教育心理学课程提高了神经科学的素养,但并没有减少对神经神话的信仰。
Anderson, et al. (2018)	在职 5 年级数学教师	40	— —	包含神经科学转化的在线专业发展课程;7 次面对面会议;月度培训	30-40 小时	不同形式的教学计划有助于消除阻碍教师和学习者的神经神话。

续表 2

文献	干预对象	人数	性别/年龄	干预形式	干预时长	干预效果
Ergas, et al. (2018)	在职中学教师	30	28 名女性 29-55 岁	基于脑科学理论和正念方法的教师培训	3 个月, 平均每次 91 分钟	该项目促进了教师从固定心态到成长心态的转变, 教师对脑可塑的信念显著增加。
Grospietsch & Mayer(2018)	职前生物教师	40	— 20-32 岁	“可持续学习”的 大学课程, 在课后接受概念反驳文本的家庭作业	3 个学期, 每学期 14 周, 每周 90 分钟	符合专业概念改变模式的大学课程对职前生物教师在学习和脑主题上的专业知识、基于学习理论的信念和错误概念(神经神话)有积极影响。明确反驳错误观念(如通过概念改变文本)似乎是使职前教师抵制和脑主题有关的错误观念的合适方法。
Roehrig, et al. (2012)	在职小、中学理科教师	107	— —	神经科学系列讲习班 (BrainU 项目)	一次(2 周), 另外两次(各 1 周), 为期 3 年; 每次工作坊后 1 年随访 1-3 天	在 BrainU 项目之后, 教师们对神经科学的内容知识有了显著的提高。课堂观察表明, 教师不仅在他们的课程中实施了神经科学课程, 而且他们采用了许多改革教学法的技术。持续的、以探究为基础的科学专业发展可以对科学教学质量产生积极影响, 教师可以让学生经常参与高质量的、研究性的神经科学活动。

四、神经神话与教育对策

在教育与神经科学整合的背景下,越来越多的国家和国际组织把教育神经科学的知识纳入到教师培训中。例如,美国某教师培训项目的国家认证机构(Leibbrand & Watson, 2010)、英国皇家学会(The Royal Society, 2011)、国际神经科学学会(Society for Neuroscience, 2009)、经济合作与发展组织(OECD, 2007)、国际脑研究组织—联合国教科文组织国际教育局等都提出,要将教育神经科学的知识作为教师教育的一部分。这为教师的学习、发展和教学提供了另一个视角,有力地促进了教师专业能力的发展。目前我们通过互联网已经可以查到,在国外,有哈佛大学、斯坦福大学、剑桥大学、伦敦大学学院和布里斯托尔大学等 80 多所大学都已经建立了教育神经科学的专业或者研究机构;在国内,华东师范大学教育学部、北京师范大学教育学部、陕西师范大学教育学部、华南师范大学、浙江师范大学等也都陆续开设了教育神经科学专业,但这些学校所开设的教育神经科学课程在改善神经神话信仰以及提升教师神经科学素养的教学效果评估的实证研究方面,还相对较少。根据以上分析结果,为了减少神经神话的负面影响,我们为继续在教育中推行教育神经科学培训的措施提出以下几点建议:

第一,在政策层面,需要加强来自国家教师教育相关政策的支持。在师范生教育和教师职业教育中开设《教育神经科学》课程,让他们学习正确的教育神经科学知识,培养职前和在职教师的神经科学素养(Ansari & Coch, 2006; Goswami, 2006; Lindell & Kidd, 2011; Pickering & Howard Jones, 2007; Tardif, et al., 2015),这将有助于推动教育的科学化 and 实证化水平。

第二,在教师培训层面,需要提高职前和在职教师培训的科学性。教师培训的可靠性也需要有实证研究证据的支持,培训内容必须进行严格筛选,避免选取那些破坏科学共识的伪科学主张(Oreskes, 2019)。除了要向教师传授教育神经科学方面的知识,更重要的还要赋予教师关于科学验证过程的知识(Gormally, et al., 2012),使教师认识到身为教育者的批判精神和对科学的好奇和动机所具有的重要价值(Leibbrand & Watson, 2010)。批判性思维和理性思维能力应该成为教师培训的重要组成部分,让他们能做到具体问题具体分析,对接收的信息进行批判性评估,只有这样才能获得更好的培训效果。另外,不能仅仅局限在教育培训领域的相关知识和技能,还要在心智、脑与教育的跨学科环境下进行培训,要让教师能够接触到与儿童脑

发育相关的知识,要基于教育神经科学的教与学的知识了解心理学和神经科学领域一些专业词汇的内涵(Carey, et al., 2020)。

第三,在教育者自我成长方面,教育者需要改变和优化脑科学知识的获取渠道。教师需要精选阅读渠道,提升网络检索能力,通过专业的阅读渠道获取可靠的教育神经科学信息,养成对研究成果的批判与质疑能力,提高科学鉴别力,推动科学实验与教学实践的双向互动关系。不管是在职教师还是职前教师,都需要改变阅读的习惯,寻找可靠的教育神经科学知识,学会阅读第一手原始研究文献,同时也要提高自身的鉴别力,不能盲听、盲看和盲信。当前的教育工作者不是直接从科学期刊上发表的文章来获取专业的信息,而是通过他人转述或者非专业性的新闻杂志等间接途径来获得神经科学的信息。由于专业期刊上发表的文章对教师来说,阅读起来比较困难,因此教师难以理解神经科学领域的专业术语与话语体系,导致他们没有阅读的兴趣。

第四,在学术研究层面,需要增创一些针对教育神经科学领域的专业期刊,鼓励研究者发表一些能让教师看得懂的、经过同行评议过的科学论文。例如,专业期刊《Frontiers for Young Minds》就采用儿童和青少年担任期刊的同行评审的方式,让期刊的发表既准确又能让普通人能够轻松地理解科研发现(意得辑,2018)。因此,如果让中小学幼儿园的教师参与教育神经科学相关论文的评审,既能够保证筛选的论文更加贴近教育实践的应用,也可以让教师有机会参与到期刊文章的编辑和修改过程中,鼓励教师主动对科学内容进行思考和消化,使其能真正地理解科学结果的来源和意义。

最后,从交流合作层面,需要加强教育神经科学家与教育从业者的交流沟通。把神经科学知识和证据融入教育领域,提高教师的神经科学素养,需要多领域人员的努力。教师教育领域、神经科学领域、心理学领域以及教育神经科学领域的专家都应该共同为所需的教育创新做出贡献(Jolles & Jolles, 2021)。为此,我们需要搭建更多的沟通桥梁,比如举办教育神经科学学术交流会和工作坊、教育神经科学家进校园等宣传演讲等活动,让教师直接与教育神经科学家面对面,构建共同的话语体系。学校应积极鼓励教师接触教育神经科学方面的相关知识,提供渠道和经费支持,供教师参与教育神经科学方面的科学培训,鼓励教师积极主动地在教学实践中应用教育神经科学的发现,或者采用基于

教育神经科学证据的教学方法。研究表明,加强研究者和教育者之间的合作与交流是减少神经神话的有效手段(周加仙,2008)。这除了需要研究者关注教育中的现实问题外,教育者也要主动参与教育神经科学的研究,成为知识的生产者,并且要通过建立实验学校等方法,积极培育教育者的学习科学能力和研究能力,使其成为知识经纪人(knowledge brokers),或者成为研究者和教育者之间的调节者,增加彼此之间的对话和合作(MacMahon, et al., 2022)。

参考文献:

- [1]陈丹,刘璐璐.(2021).教育神经科学研究的热点、发展趋势与启示——基于CiteSpace数据可视化分析.教学研究,44(02),1-9.
- [2]陈巍,汪寅.(2015).基于镜像神经元的教育:新“神经神话”的诞生?.教育研究,36(02),92-101.
- [3]郭文斌.(2016).知识图谱:教育文献内容可视化研究新技术.华东师范大学学报(教育科学版),34(01),45-50,114.
- [4]李焯,叶明.(2010).透视脑科学与教育研究中的“神经神话”.当代教育科学,(01),3-5,27.
- [5]武志峰.(2021).神经科学知识在教育中的迷思与解蔽.苏州大学学报(教育科学版),9(03),73-82.
- [6]邢强,张美琦.(2021).教育神经科学的研究主题、困境及解决途径.广州大学学报(社会科学版),20(03),94-99.
- [7]意得辑.(2018).同行评审更具包容性:孩童担任论文审稿人.取自:<https://www.editage.cn/insights/en/node/2808>.
- [8]张婧婧,于玻,周加仙.(2021).教育神经科学核心主题的演变——基于2007~2020年《心智、脑与教育》杂志刊发的335篇论文分析.现代教育技术,31(05),5-17.
- [9]周加仙.(2004a).“大脑10%潜能”论断的探析.载:钟启泉教授.多维视角下的教育理论与思潮.北京:教育科学出版社.
- [10]周加仙.(2004b).左右脑教育的批判.载:钟启泉.多维视角下的教育理论与思潮.北京:教育科学出版社.
- [11]周加仙.(2008).“神经神话”的成因分析.华东师范大学学报(教育科学版),26(03),60-64,83.
- [12]Anderson, R. K., Boaler, J., & Dieckmann, J. A. (2018). Achieving elusive teacher change through challenging myths about learning: A blended Approach. Education Sciences, 8(3), 98.
- [13]Ansari, D., & Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: Education and cognitive neuroscience. Trends in Cognitive Sciences, 10(4), 146-151.
- [14]Aronsson, L. (2019). Reconsidering the concept of difference: A proposal to connect education and neuroscience in new ways. Policy Futures in Education, 18(2), 275-293.
- [15]Bailey, R. P., Madigan, D. J., Cope, E., & Nicholls, A. R. (2018). The prevalence of pseudoscientific ideas and

neuromyths among sports coaches. *Frontiers in Psychology*, 9, 641.

[16] Betts, K., Miller, M., Tokuhama – Espinosa, T., Shewokis, P., Anderson, A., Borja, C., Galoyan, T., Delaney, B., Eigenauer, J., & Dekker, S. (2019). International report: Neuro-myths and evidence – based practices in higher education. Online Learning Consortium; Newburyport, MA.

[17] Bissessar, S., & Youssef, F. F. (2021). A cross – sectional study of neuromyths among teachers in a Caribbean nation. *Trends in Neuroscience and Education*, 23, 100155.

[18] Busso, D. S., & Pollack, C. (2015). No brain left behind; Consequences of neuroscience discourse for education. *Learning, Media and Technology*, 40(2), 168–186.

[19] Canbulat, T., & Kiriktas, H. (2017). Assessment of educational neuromyths among teachers and teacher candidates. *Journal of Education and Learning*, 6(2), 326–333.

[20] Carey, L. B., Schmidt, J., Dommestrup, A. K., Pritchard, A. E., van Stone, M., Grasmick, N., Mahone, E. M., Denckla, M. B., & Jacobson, L. A. (2020). Beyond learning about the Brain; A situated approach to training teachers in mind, brain, and education. *Mind, Brain, and Education*, 14(3), 200–208.

[21] Carter, M., Van Bergen, P., Stephenson, J., Newall, C., & Sweller, N. (2020). Prevalence, predictors and sources of information regarding neuromyths in an Australian cohort of preservice teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 45(10), 95–113.

[22] Chang, Z., Schwartz, M. S., Hinesley, V., & Dubinsky, J. M. (2021). Neuroscience concepts changed teachers' views of pedagogy and students. *Frontiers in Psychology*, 12, 685856.

[23] Ching, F. N. Y., So, W. W. M., Lo, S. K., & Wong, S. W. H. (2020). Preservice teachers' neuroscience literacy and perceptions of neuroscience in education; Implications for teacher education. *Trends in Neuroscience and Education*, 21, 100144.

[24] Craig, H. L., Wilcox, G., Makarenko, E. M., & MacMaster, F. P. (2021). Continued educational neuromyth belief in pre-and in-service teachers; A call for de-implementation action for school psychologists. *Canadian Journal of School Psychology*, 36(2), 127–141.

[25] Cui, Y., & Zhang, H. (2021). Educational neuroscience training for teachers' technological pedagogical content knowledge construction. *Frontiers in Psychology*, 12, 792723.

[26] Dekker, H. D., & Kim, J. A. (2022). Mechanisms of propagation and factors contributing to beliefs in neuromyths. In D. H. Robinson, V. X. Yan, & J. A. Kim (Eds.), *Learning styles, classroom instruction, and student achievement* (pp. 21 – 37). Springer International Publishing.

[27] Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P. A., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education; Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*, 3, 429–429.

[28] Deligiannidi, K., & Howard-Jones, P. A. (2015). The neuroscience literacy of teachers in greece. *Procedia – Social and*

Behavioral Sciences, 174, 3909–3915.

[29] Devonshire, I. M., & Dommett, E. J. (2010). Neuroscience: Viable applications in education?. *Neuroscientist*, 16(4), 349–356.

[30] Dubinsky, J. M., Guzey, S. S., Schwartz, M. S., Roehrig, G., Macnabb, C., Schmied, A., Hinesley, V., Hoelscher, M., Michlin, M., & Schmitt, L. (2019). Contributions of neuroscience knowledge to teachers and their practice. *The Neuroscientist*, 107385841983544.

[31] Dündar, S., & Gündüz, N. (2016). Misconceptions regarding the brain; The neuromyths of preservice teachers. *Mind, Brain, and Education*, 10(4), 212–232.

[32] Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques; Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58.

[33] Düvel, N., Wolf, A., & Kopiez, R. (2017). Neuromyths in music education; Prevalence and predictors of misconceptions among teachers and students. *Frontiers in Psychology*, 8, 629.

[34] Ergas, O., Hadar, L. L., Albelda, N., & Levit-Binnun, N. (2018). Contemplative neuroscience as a gateway to mindfulness; Findings from an educationally framed teacher learning program. *Mindfulness*, 9(6), 1723–1735.

[35] Ferreira, R. A., & Rodríguez, C. (2022). Effect of a science of learning course on beliefs in neuromyths and neuroscience literacy. *Brain Sciences*, 12(7), 811.

[36] Ferrero, M., Garaizar, P., & Vadillo, M. A. (2016). Neuromyths in education; Prevalence among Spanish teachers and an exploration of cross-cultural variation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 496.

[37] Ferrero, M., Hardwicke, T. E., Konstantinidis, E., & Vadillo, M. A. (2020). The effectiveness of refutation texts to correct misconceptions among educators. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 26(3), 411–421.

[38] Fischer, K. W., Goswami, U., & Geake, J. (2010). The future of educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, 4(2), 68–80.

[39] Friedman, I. A., Grobgedl, E., & Teichman-Weinberg, A. (2019). Imbuing education with brain research can improve teaching and enhance productive learning. *Psychology*, 10(02), 122.

[40] Gleichgerricht, E., Lira Luttes, B., Salvarezza, F., & Campos, A. L. (2015). Educational neuromyths among teachers in Latin America. *Mind, Brain, and Education*, 9(3), 170–178.

[41] Gormally, C., Brickman, P., & Lutz, M. (2012). Developing a test of scientific literacy skills (TOSLS); Measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments. *CBE—Life Sciences Education*, 11(4), 364–377.

[42] Goswami, U. (2006). Neuroscience and education; From research to practice?. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 406–

413.

[43] Grospietsch, F. , & Lins, I. (2021) . Review on the prevalence and persistence of neuromyths in education: Where we stand and what is still needed. *Frontiers in Education*, 6, 665752.

[44] Grospietsch, F. , & Mayer, J. (2018) . Professionalizing pre-service biology teachers' misconceptions about learning and the brain through conceptual change. *Education Sciences*, 8 (3) , 120.

[45] Grospietsch, F. , & Mayer, J. (2019) . Pre - service science teachers' neuroscience literacy: Neuromyths and a professional understanding of learning and memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 20.

[46] Gülsün, Y. , & Köseoğlu, P. (2020) . Determining biology teachers' neuromyths and knowledge about brain functions. *Education and Science*, 45(204) , 303-316.

[47] Hermida, M. J. , Segretin, M. S. , Soni García, A. , & Lipina, S. J. (2016) . Conceptions and misconceptions about neuroscience in preschool teachers: A study from Argentina. *Educational Research*, 58(4) , 457-472.

[48] Hook, C. J. , & Farah, M. J. (2013) . Neuroscience for educators: What are they seeking, and what are they finding?. *Neuroethics*, 6(2) , 331-341.

[49] Horvath, J. C. , Donoghue, G. M. , Horton, A. J. , Lodge, J. M. , & Hattie, J. A. (2018) . On the irrelevance of neuromyths to teacher effectiveness: Comparing neuro-literacy levels amongst award-winning and non-award winning teachers. *Frontiers in Psychology*, 9, 1666.

[50] Howard-Jones, & Paul, A. (2014) . Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15 (12) , 817.

[51] Howard-Jones, P. A. , Jay, T. , & Galeano, L. (2020) . Professional development on the science of learning and teachers' performative thinking: A pilot study. *Mind, Brain, and Education*, 14(3) , 267-278.

[52] Hughes, B. , Sullivan, K. A. , & Gilmore, L. (2020) . Why do teachers believe educational neuromyths?. *Trends in Neuroscience and Education*, 21, 100145.

[53] Idrissi, A. J. , Alami, M. , Lamkaddem, A. , & Souirti, Z. (2020) . Brain knowledge and predictors of neuromyths among teachers in Morocco. *Trends in Neuroscience and Education*, 20, 100135.

[54] Im, S. , Cho, J. , Dubinsky, J. M. , & Varma, S. (2018) . Taking an educational psychology course improves neuroscience literacy but does not reduce belief in neuromyths. *Plos One*, 13 (2) , e0192163.

[55] Jolles, J. , & Jolles, D. D. (2021) . On neuroeducation: Why and how to improve neuroscientific literacy in educational professionals. *Frontiers in Psychology*, 12, 752151.

[56] Karakus, O. , Howard-Jones, P. A. , & Jay, T. (2015) . Primary and secondary school teachers' knowledge and misconcep-

tions about the brain in turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 1933-1940.

[57] Kim, M. , & Sankey, D. (2018) . Philosophy, neuroscience and pre-service teachers' beliefs in neuromyths: A call for remedial action. *Educational Philosophy and Theory*, 50 (13) , 1214-1227.

[58] Kowalski, P. , & Taylor, A. K. (2017) . Reducing students' misconceptions with refutational teaching: For long-term retention, comprehension matters. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 3(2) , 90.

[59] Krammer, G. , Vogel, S. E. , & Grabner, R. H. (2021) . Believing in neuromyths makes neither a bad nor good student-teacher: The relationship between neuromyths and academic achievement in teacher education. *Mind, Brain, and Education*, 15 (1) , 54-60.

[60] Leibbrand, J. A. , & Watson, B. H. (2010) . The road less traveled: How the developmental sciences can prepare educators to improve student achievement; Policy recommendation. National Council for Accreditation of Teacher Education.

[61] Lindell, A. K. , & Kidd, E. (2011) . Why right-brain teaching is half-witted: A critique of the misapplication of neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 5(3) , 121-127.

[62] Luiz, I. , Lindell, A. K. , & Ekuni, R. (2020) . Neurophilia is stronger for educators than students in Brazil. *Trends in Neuroscience and Education*, 20, 100136.

[63] Macdonald, K. , Germaine, L. , Anderson, A. , Christodoulou, J. , & McGrath, L. M. (2017) . Dispelling the myth: Training in education or neuroscience decreases but does not eliminate beliefs in neuromyths. *Frontiers in Psychology*, 8, 1314.

[64] MacMahon, S. , Leggett, J. , & Carroll, A. (2022) . Partnering to learn: A collaborative approach to research translation for educators and researchers. *Mind, Brain, and Education*, 16 (2) , 79-88.

[65] Mahmoudi, K. A. A. , Nouri, A. , & Talkhabi, M. (2021) . Identifying the prevalence of neuromyths among teacher-students of Frahangan University of Iran. *Quarterly Journal of Teacher Education*, 4(1) , 29-54.

[66] McMahon, K. , Yeh, C. S. H. , & Etchells, P. J. (2019) . The impact of a modified initial teacher education on challenging trainees' understanding of neuromyths. *Mind, Brain, and Education*, 13 (4) , 288-297.

[67] OECD. (2002) . Understanding the brain: Towards a new learning science. OECD.

[68] OECD. (2007) . Understanding the brain: The birth of a learning science. Centre for Educational Research and Innovation.

[69] Oreskes, N. (2019) . Science isn't always perfect, but we should still trust it. *Time*. <https://time.com/5709691/why-trust-science/>.

[70] Özdoğru, A. A. , & Balatekin, N. (2018) . Neuromyths as a challenge and opportunity for the learning and teaching of neuro-

science. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 7(4), 483–494.

[71] Painemil, M., Manquenahuel, S., Biso, P., & Muñoz, C. (2021). Beliefs versus knowledge in trainee teachers. A compared study of neuromyths at an international level. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 246–267.

[72] Papadatou – Pastou, M., Haliou, E., & Vlachos, F. (2017). Brain knowledge and the prevalence of neuromyths among prospective teachers in Greece. *Frontiers in Psychology*, 8, 804.

[73] Park, S., Park, J., Lee, S., & Shin, J. (2016). Prevalence and predictors of neuromyth among pre-service teachers. *Korean Journal of Teacher Education*, 32(2), 185–212.

[74] Pasquinelli, E. (2012). Neuromyths: Why do they exist and persist?. *Mind, Brain, and Education*, 6(2), 89–96.

[75] Pei, X., Howard – Jones, P. A., Zhang, S., Liu, X., & Jin, Y. (2015). Teachers' understanding about the brain in east China. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 174, 3681–3688.

[76] Pickering, S. J., & Howard Jones, P. (2007). Educators' views on the role of neuroscience in education: Findings from a study of UK and international perspectives. *Mind, Brain, and Education*, 1(3), 109–113.

[77] Potvin, P., Malenfant – Robichaud, G., Cormier, C., & Masson, S. (2020). Coexistence of misconceptions and scientific conceptions in chemistry professors: A mental chronometry and fMRI study. *Frontiers in Education*, 5, 542458.

[78] Privitera, A. J. (2021). A scoping review of research on neuroscience training for teachers. *Trends in Neuroscience and Education*, 24, 100157.

[79] Rato, J. R., Abreu, A. M., & Castro – Caldas, A. (2013). Neuromyths in education: What is fact and what is fiction for Portuguese teachers?. *Educational Research*, 55(4), 441–453.

[80] Rincón, A. N., López, M. J. C., Galvis, C. A. S., & Navarro, L. I. (2022). Neurodidactics of languages: Neuromyths in multilingual learners. *Mathematics*, 10(2), 196.

[81] Ritchie, S., Chudler, E., & Sala, S. (2012). Don't try this at school: The attraction of 'alternative' educational techniques. In S. D. Sala & M. Anderson (Eds.), *Neuroscience in education: The good, the bad, and the ugly* (pp. 244–265). Oxford University Press.

[82] Roehrig, G. H., Michlin, M., Schmitt, L., MacNabb, C., & Dubinsky, J. M. (2012). Teaching neuroscience to science teachers: Facilitating the translation of inquiry-based teaching instruction to the classroom. *CBE—Life Sciences Education*, 11(4), 413–424.

[83] Rousseau, L. (2021). Interventions to dispel neuromyths in educational settings: A review. *Frontiers in Psychology*, 12.

[84] Ruhaak, A. E., & Cook, B. G. (2018). The prevalence of educational neuromyths among pre-service special education teachers. *Mind, Brain, and Education*, 12(3), 155–161.

[85] Ruiz – Martin, H., Portero – Tresserra, M., Martínez –

Molina, A., & Ferrero, M. (2022). Tenacious educational neuromyths: Prevalence among teachers and an intervention. *Trends in Neuroscience and Education*, 29, 100192.

[86] Sarrasin, J. B., Riopel, M., & Masson, S. (2019). Neuromyths and their origin among teachers in Quebec. *Mind, Brain, and Education*, 13(2), 100–109.

[87] Schwartz, M. S., Hinesley, V., Chang, Z., & Dubinsky, J. M. (2019). Neuroscience knowledge enriches pedagogical choices. *Teaching and Teacher Education*, 83, 87–98.

[88] Society for Neuroscience. (2009). The promise of interdisciplinary partnerships between brain sciences and education. University of California at Irvine.

[89] Sullivan, K. A., Hughes, B., & Gilmore, L. (2021). Measuring educational neuromyths: Lessons for future research. *Mind, Brain, and Education*, 15(3), 232–238.

[90] Tan, Y. S. M., Amiel, J. J., & Yaro, K. (2019). Developing theoretical coherence in teaching and learning: Case of neuroscience-framed learning study. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 8(3), 229–243.

[91] Tan, Y. S. M., & Amiel, J. J. (2022). Teachers learning to apply neuroscience to classroom instruction: Case of professional development in British Columbia. *Professional Development in Education*, 48(1), 70–87.

[92] Tardif, E., Doudin, P. A., & Meylan, N. (2015). Neuromyths among teachers and student teachers. *Mind, brain, and Education*, 9(1), 50–59.

[93] The Royal Society. (2011). Brain waves module 2: Neuroscience: Implications for education and lifelong learning. The Royal Society London.

[94] Torres, J. F. F., & Alvarado, J. C. O. (2018). Del conocimiento científico al malentendido. Prevalencia de neuromitos en estudiantes ecuatorianos. *Revista Iberoamericana De Educación*, 78(1), 87–106.

[95] Tovazzi, A., Giovannini, S., & Basso, D. (2020). A new method for evaluating knowledge, beliefs, and neuromyths about the mind and brain among Italian teachers. *Mind, Brain, and Education*, 14(2), 187–198.

[96] Van Dijk, W., & Lane, H. B. (2020). The brain and the US education system: Perpetuation of neuromyths. *Exceptionality*, 28(1), 16–29.

[97] Van Elk, M. (2019). Socio-cognitive biases are associated to belief in neuromyths and cognitive enhancement: A pre-registered study. *Personality and Individual Differences*, 147, 28–32.

[98] Varas – Genestier, P., & Ferreira, R. A. (2017). Neuromitos de los profesores chilenos: Orígenes y predictores. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 43(3), 341–360.

[99] Zhang, R., Jiang, Y., Dang, B., & Zhou, A. (2019). Neuromyths in Chinese classrooms: Evidence from headmasters in an underdeveloped region of China. *Frontiers in Education*, 4, 8.