|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 有效学习的认知神经机制 |
| 推荐单位 | 北京师范大学 |
| 项目简介 | 大脑具有各种各样的学习能力，使得个体能够不断获取新的知识和技能，这一能力关系到个体的生存和发展。什么样的学习方式最有效？有效学习对应什么样的大脑活动规律和加工机制？不同类型的学习是否共享底层的规律和机制？如何才能使学习产生举一反三的效果？阐明这些认知神经科学得前沿问题不仅有助于我们深入理解大脑这一高度智能化的复杂系统，而且对于提高人的学习能力至关重要。本项目正是以此为切入点，通过团队成员之间的互补合作，结合人的心理物理测量、功能磁共振成像、脑电事件相关电位、经颅磁刺激以及清醒猴电生理记录等多种研究手段，从有效学习的神经激活模式、高级和低级脑区在学习中的协同作用、学习的特异性和迁移性机理等方面，深入系统地揭示了有效学习的规律和机制，取得了重要进展。我们发现，无论是简单的感知觉学习（非陈述性学习中的一类）还是高级的认知学习（例如情景记忆和语义记忆等陈述性学习），有效学习都依赖于由多脑区协同相互作用所产生的特定神经活动模式。在全脑层面，通过描记与输入信息编码和存储相关的脑区活动，我们发现神经活动模式在多次重复学习记忆中的一致性程度高低与学习效果的好坏直接相关。这种神经激活模式的一致性同时表现在时间和空间上，并且受到额顶高级脑区的调控。干预前额叶的活动可以提高相关脑区活动的一致性并提高记忆的效果。在神经元层面，我们发现在对输入信息进行编码的过程中，反复训练可以改变神经元集群的时空反应模式，导致任务相关的信号逐渐增强、无关的信号被去除。这种神经元集群反应模式的优化程度与学习效果密切相关，并且低级皮层激活模式的优化依赖于高级皮层的反馈调控。通过创新性的心理物理实验范式，我们发现简单的视觉学习与高级的认知概念学习具有共享的规律和机制，而且通过特定的训练范式来促进自上而下的认知调控信号与自下而上的输入信号之间的相互作用，可以使知觉学习的效果迁移到没有训练过的条件。这些从不同角度和层面开展的系列研究工作取得了高度一致的结果，表明不同类型的有效学习都是通过促进相关脑区之间的交互作用来优化神经激活模式，从而优化大脑对任务相关信息的抽提、编码、存储和读取等过程，而且通过行为或神经活动的干预可以促进有利于学习产生和迁移的神经活动模式。本项目的8篇代表性论文发表在Nature Neuroscience、Neuron、Current Biology、eLife、Cerebral Cortex、Journal of Neuroscience、NeuroImage等期刊上，其中一些成果得到了国际同行的专文评价，项目完成人还受Annual Review of Vision Science和Trends in Cognitive Sciences等综述期刊的邀请，就这些重要发现撰写了综述。 |
| 完成人情况 | **李武，**排名第1，教授，博士，现就职于北京师范大学，完成单位为北京师范大学；以清醒猕猴为动物模型，采用微电极阵列记录，本人领导的研究组发现，在视觉学习过程中，视皮层神经元集群会产生特定的激活模式：编码任务相关信息的神经元其激活强度随训练而增强，而对无关信号反应的神经元其反应逐渐被抑制。这种神经元集群编码的优化程度与学习效果密切相关（Yan et al., Nature Neuroscience 2014，通讯作者）。此外，低级皮层激活模式的优化依赖于高级皮层的反馈调控；前馈和反馈的协同作用使得输入信号中携带更多与任务相关的信息（Chen et al., Neuron 2014，通讯作者）。这些研究从神经元层面上揭示了有效学习的机制。本人还与余聪和宋艳课题组合作，揭示了学习迁移性的规律（Wang et al., Journal of Neuroscience 2016, 并列通讯作者）以及前额叶的激活与有效学习的关系（Wang et al., NeuroImage 2016, 参与）。曾获：2012年度高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）：自然科学奖一等奖（获奖项目“视觉学习与脑的可塑性”，第3完成人）**薛贵，**排名第2，教授，博士，现就职于北京师范大学，完成单位为北京师范大学；基于人类被试，通过结合功能磁共振成像（fMRI）和脑电事件相关电位（ERP），本人领导的课题组发现，在陈述性学习任务中，记忆的效果的好坏取决于相关脑区在重复学习过程中激活模式的时空一致性高低，并且这种激活模式一致性程度受到额顶皮层的调控（Xue et al. Cerebral Cortex 2013）。我们还发现，利用经颅直流电刺激（tDCS）的方法对额顶皮层进行干预可以提高了其它相关脑区激活模式的一致性并同时提高学习记忆的效果（Lu et al., 2015 Current Biology）。这些研究给出了有效学习的普适机制，并可以为发展无损干预的方法来提高学习记忆的效果提供理论指导。曾获：2012年度高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）：自然科学奖一等奖（获奖项目“视觉学习与脑的可塑性”，第4完成人）**余聪，**排名第3，教授，博士，现就职于北京大学，曾就职于北京师范大学，完成单位为北京大学和北京师范大学；通过创新性的研究理念和心理物理实验范式，本人对知觉学习的一些基本理论问题和重要现象进行了一系列的研究。在本项目中，和李武教授合作的研究证明知觉学习可以在不同物理刺激之间完全迁移，表明即便是对于简单的感知觉学习，其机理不仅仅是发生在人类认知加工的低级感觉阶段，而是涉及一个非常高级的概念学习过程（Wang et al., Journal of Neuroscience 2016，并列通讯作者）。本人的课题组还证明知觉学习的特异性不是学习（训练）导致的，而是未训练条件的刺激不足，这样高级的规则学习和未训练条件的感觉输入之间缺少功能连接，导致学习产生特异性（Xiong et al.,eLife 2016）。 这些研究结果挑战了知觉学习的主流理论并在相当程度上影响了整个知觉学习领域的发展态势。曾获：2012年度高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）：自然科学奖一等奖（获奖项目“视觉学习与脑的可塑性”，第2完成人）**宋艳，**排名第4，教授，博士，现就职于北京师范大学，完成单位为北京师范大学；本人领导的课题组通过在受试者进行视觉任务学习过程中，记录脑电事件相关电位，发现学习的效果与参与反馈调控以及执行功能控制的前额叶电活动强度（anterior P160–350成分）高度相关。这一结果证明了前额叶的反馈调控即使在简单的感知觉任务学习中也是至关重要的，而且高级认知脑区的调控功能在学习过程中也发生变化（Wang et al., NeuroImage 2016, 通讯作者）。程中也发生变化（Wang et al., NeuroImage 2016, 通讯作者）。曾获：2011年教育部自然科学奖一等奖：DNA计算机相关理论与应用研究，排名第五**代琦，**排名第5，教授，博士，现就职于浙江理工大学，完成单位为大连理工大学；针对生物序列中重要的遗传和进化功能片段，采用统计方法定量评价了其特殊的组成和伪周期模式，识别出了过高表达序列片段，实现了生物序列的模体发现，是代表性论文3的第一作者和通讯作者，对《重要科学发现》中所列第1项发现做出了重要贡献。。 |
| 完成人情况 | **阎崟**，排名第5，讲师，博士，现就职于北京师范大学，完成单位为北京师范大学；本人参与了李武课题组的研究，发表了成果Perceptual training continuously refines neuronal population codes in primary visual cortex（Yan et al., Nature Neuroscience 2014，共同第一作者排名第一）和Incremental integration of global contours through interplay between visual cortical areas（Chen et al., Neuron 2014，共同第一作者排名第二）；此外，作为第三作者还参与了成果Modulation of neuronal responses by exogenous attention in macaque primary visual cortex的工作（Wang et al., Journal of Neuroscience 2015）。**张俊云，**排名第6，副教授，博士，现就职于北京大学，曾就职于北京师范大学，完成单位为北京大学和北京师范大学；本人参与了余聪课题组的研究，作为共同第一作者（排名第三）参与了成果Perceptual learning at a conceptual level的工作（Wang et al., Journal of Neuroscience 2016），作为第二作者参与了成果Bottom-up and top-down influences at untrained conditions determine perceptual learning specificity and transfer的工作（Xiong et al.,eLife 2016）。**王蕊，**排名第7，助理研究院，博士，现就职于中国科学院心理研究所，完成单位为北京师范大学；本人参与了余聪课题组的研究，作为共同第一作者（排名第一）参与了成果Perceptual learning at a conceptual level的工作（Wang et al., Journal of Neuroscience 2016）。 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 代表性论文专著目录 | 序号 | 论文、专著名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码年(卷):页码 | 发表年月 | 是否国内完成 |
| 1 | Perceptual training continuously refines neuronal population codes in primary visual cortex./Nat Neurosci/ Yan, Y., M. J. Rasch, M. Chen, X. Xiang, M. Huang, S. Wu and W. Li | 18.158 | 2014(17): 1380-1387 | 2014.10 | 是 |
| 2 | Incremental integration of global contours through interplay between visual cortical areas./Neuron/ Chen, M., Y. Yan, X. Gong, C. D. Gilbert, H. Liang and W. Li | 14.106 | 2014(82): 682-694 | 2014.5 | 是 |
| 3 | Spatiotemporal Neural Pattern Similarity Supports Episodic Memory./Curr Biol/ Lu, Y., C. M. Wang, C. S. Chen and G. Xue | 9.028 | 2015(25): 780–785. | 2015.2 | 是 |
| 4 | Bottom-up and top-down influences at untrained conditions determine perceptual learning specificity and transfer/eLife/ Xiong, Y.-Z., J.-Y. Zhang and C. Yu | 7.874 | 2016(5):e14614 | 2016.6 | 是 |
| 5 | Complementary Role of Frontoparietal Activity and Cortical Pattern Similarity in SuccessfulEpisodic Memory Encoding/Cereb Cortex/Xue, G., Q. Dong, C. S. Chen, Z. L. Lu, J. A. Mumford and R. A. Poldrack | 7.051 | 2013(23): 1562–71. | 2013.7 | 是 |
| 6 | Perceptual Learning at a Conceptual Level./J Neurosci/ Wang, R., J. Wang, J.-Y. Zhang, X.-Y. Xie, Y.-X. Yang, S.-H. Luo, C. Yu and W. Li | 5.961 | 2016(36): 2238-2246 | 2016.2 | 是 |
| 7 | Modulation of neuronal responses by exogenous attention in macaque primary visual cortex./J Neurosci/ Wang, F., M. Chen, Y. Yan, L. Zhaoping and W. Li | 5.961 | 2015(35): 13419-13429 | 2015.9 | 是 |
| 8 | Predicting perceptual learning from higher-order cortical processing./Neuroimage/Wang, F., J. Huang, Y. Lv, X. Ma, B. Yang, E. Wang, B. Du, W. Li and Y. Song | 5.575 | 2016(124): 682-692 | 2016.1 | 是 |