

ОШИБКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НОВОГО ОПЫТА: АНАЛИЗ НЕЙРОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ПОВЕДЕНИЯ

О. Е. Сварник, А. И. Булава, С. В. Зворыкина
olgasva@psychol.ras.ru
Институт психологии РАН (Москва)

Современное понимание нейрофизиологических механизмов приобретения нового опыта включает в себя представление о формировании специализаций нейронов относительно специфического поведения (напр., Швырков 1995, Александров и др. 2014). Изучение импульсной активности отдельных нейронов у свободноподвижных организмов показало, что в разнообразных поведенческих моделях у животных разных видов, а также у человека обнаруживаются нейроны, импульсная активность которых специфически связана с осуществлением конкретных поведенческих актов (напр., Quiroga et al. 2007, Gelbard-Sagiv et al. 2008, Alexandrov 2008). С точки зрения селекционных теорий обучения (Швырков 1995, Edelman 1989), в процессе обучения происходит формирование новой системы или группы нейронов (из числа молчащих нейронов, или из нейронов, образованных в процессе взрослого нейрогенеза), активность которых связана с выполнением такого поведения, которое привело к достижению необходимого результата, т.е. отобранного среди множества возможных паттернов (напр., Александров и Сварник 2009). В самом широком смысле формирование таких нейронных групп связано с возникновением определенного паттерна активности в определенной нейронной популяции. В настоящее время накоплены данные, позволяющие предполагать, что в основе формирования поведенческих специализаций нейронов лежат молекулярно-генетические изменения функционирования нейрона (напр., Svarnik et al. 2003).

В многочисленных исследованиях было показано, что научение сопровождается изменениями в экспрессии генов, которые приводят к морфологическим изменениям мозга, причем первым этапом каскада таких изменений является экспрессия ранних генов, и в частности, раннего гена *c-fos* (напр., Анохин 1997). Однако при сопоставлении животных, обучившихся какой-либо задаче и не обучившихся, оказывается, что наличие белка Fos (продукта данного гена) в тех или иных нейронах связано с ситуацией рассогласования существующего опыта с текущей ситуацией и выполнением пробных актов (Svarnik et al. 2013). В настоящем исследовании мы проверяли, зависит ли число Fos-положительных нейронов корковых структур от выра-

женности ошибочного поведения (т.е. неэффективны проб) при формировании нового опыта.

На первом этапе мы проверяли существование корреляции между числом сделанных ошибок при научении и числом Fos-положительных нейронов. Для этого мы последовательно обучали животных двум видам поведения: сначала инструментальному питьевому поведению, требовавшему использования вибрисс (навык 1), а затем пищедобывательному поведению, не требовавшему использования вибрисс (навык 2). Использование такого дизайна эксперимента было основано на ранее полученных данных, свидетельствующих в пользу того, что при последовательном формировании второго навыка активируются нейроны первого навыка, даже если навыки относятся к разным мотивационным доменам (Сварник и др. 2014). Для получения подкрепления в питьевом поведении животные обучались дотрагиваться либо правой, либо левой вибриссной подушкой до рычага. Обучение данному виду поведения проводилось поэтапно в течение 5 дней. Животные практиковали приобретенный навык в течение шести дней. После каждого сеанса обучения животные помещались на 5 мин в экспериментальную клетку пищевого навыка (где в дальнейшем они обучались пищедобывательному навыку) для привыкания к данной обстановке. После завершения обучения первому питьевому навыку животные оставались в домашней клетке в течение 1 месяца. Через месяц в последний экспериментальный день животных помещали на 30 мин в экспериментальную клетку пищевого навыка, содержащую педаль и кормушку, для обучения пищедобывательному навыку нажатия на педаль, т.е. поведению, осуществляемому без использования вибрисс как условия реализации данного акта. Было установлено, что число ошибок при формировании навыка 1 положительно коррелирует с числом Fos-положительных нейронов в бочонковых полях соматосенсорной коры (область, содержащая нейроны, задействованные в приобретении «вибриссного» навыка) при формировании навыка 2.

На следующем этапе мы производили направленное увеличение числа ошибок (за счет неподкрепляемых, но, тем не менее, правильных актов) при формировании нового поведения у крыс и сопоставляли полученные поведенческие параметры научения с числом нейронов, подвергающихся нейрогенетическим изменениям, оцениваемым по числу Fos-положительных

нейронов. Было проведено обучение навыку 1 (нажатие на левую педаль), а затем обучение навыку 2 (нажатие на правую педаль). Оказалось, что число направленно введенных ошибок влияет на то, какое число нейронов будет претерпевать изменения экспрессии генов в ретросплениальной коре при формировании навыка. Большее число ошибок приводило к большему числу «рассогласованных», модифицирующихся нейронов. Полученные данные позволяют предполагать, что направленное увеличение ошибок в ситуации научения должно приводить к лучшей воспроизводимости памяти при дальнейшем тестировании.

Публикация выполнена при поддержке РГНФ, проект № 14-06-00690а. Работа выполнена в рамках исследовательской программы Ведущей научной школы РФ «Системная психофизиология» (НШ-9808.2016.6).

Alexandrov Y.I. 2008. How we fragment the world: the view from inside versus the view from outside. *Social sciences information* 47(3), 419–457.

Edelman G.M. 1989. *Neural darwinism: The theory of neuronal group selection*. Oxford: Oxford University Press.

Gelbard-Sagiv H., Mukamel R., Harel M., Malach R., Fried I. 2008. Internally generated reactivation of single neurons in human hippocampus during free recall. *Science* 322, 96–101.

Quiroga R.Q., Kreiman G., Koch C., Fried I. 2007. Sparse but not «Grandmother-cell» coding in the medial temporal lobe. *Trends in Cognitive Sciences* 12, 87–91.

Svarnik O.E., Anokhin K.V., Aleksandrov Y.I. 2003. Distribution of behaviorally specialized neurons and expression of transcription factor c-fos in the rat cerebral cortex during learning. *Neuroscience and Behavioral Physiology* 33(2), 139–142.

Svarnik O., Bulava A., Alexandrov Y. 2013. Expression of c-fos in the rat retrosplenial cortex during instrumental re-learning of appetitive bar-pressing depends on the number of stages of previous training. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 7, 78.

Александров Ю.И., Горкин А.Г., Созинов А.А., Сварник О.Е., Кузина Е.А., Гаврилов В.В. 2014. Нейронное обеспечение научения и памяти // Когнитивные исследования: сборник научных трудов. Вып. 6. Под ред. Б.М. Величковского, В.В. Рубцова, Д.В. Ушакова — М: Издательство ГБОУ ВПО МГППУ. С. 130–169.

Анохин К.В. 1997. Молекулярные сценарии консолидации долговременной памяти. *Журн. высш. нерв. деят.* 47(2), 261–279.

Александров Ю.И., Сварник О.Е. 2009. Принцип отбора в развитии индивида. Когнитивные исследования: Проблема развития. Под ред.: Д.В. Ушакова. М.: ИП РАН. С. 77–100.

Сварник О.Е., Анохин К.В., Александров Ю.И. 2014. Опыт первого, «вибриссного», навыка влияет на индукцию экспрессии c-Fos в нейронах бочонкового поля соматосенсорной коры крыс при обучении второму, «невибриссному», навыку. *Журнал высшей нервной деятельности*. Т. 64. № 1. С. 77–83.

Швырков В.Б. 1995. Введение в объективную психологию: Нейрональные основы психики / Под ред. Ю.И. Александрова. М.: Изд. ИП РАН.

ТОЧНОСТЬ ПЕРЦЕПТИВНЫХ ДЕЙСТВИЙ У ПОДРОСТКОВ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ПРЕДМЕТОВ С ВАРИАТИВНОЙ ФОРМОЙ

А.В. Северин

psyseverin@mail.ru

БрГУ им. А.С. Пушкина (Брест, Республика Беларусь)

В настоящее время в условиях компьютеризации разных сторон жизни человека во всем мире быстрыми темпами происходит увеличение количества компьютеров и их пользователей. Особенно неподготовленными к компьютеризации оказываются школьники, чрезмерное увлечение которых компьютером приводит к появлению компьютерной зависимости. А.Е. Войскунский 2009, М. Иванов 2005 и др. указывают, что проблема компьютерной зависимости является междисциплинарной, рассматривается в рамках медицины, психологии, кибернетики и др. Анализ научной литературы по проблеме компьютерной зависимости позволяет выделить в ней два основных аспекта. С одной стороны, считается, что «увлеченность» компьютером для детей только им во благо, так как у них происходит развитие творческих способностей, «приви-

тие» информационной культуры и др. Кроме того, использование компьютерных игр заметно улучшает процесс психотерапии не только детей, но и взрослых, даже пожилого возраста. с компьютерной зависимостью не надо бороться, так как это фатальный феномен цивилизации (Armory 1998, Иванов 2005, Лосик 2010).

С другой стороны, очевиден вред от «увлеченности» компьютерными играми, что часто приводит к появлению проблем: ухудшению зрения, состояния мышц и суставов (например, кистевой туннельный синдром как последствие частой и длительной работы на компьютере), вызывает повышение агрессивности, сужение круга интересов, оскудение эмоциональной сферы подростков, уход от реальности в виртуальный мир и др. При этом происходит не только ухудшение состояния здоровья, но и нарушение когнитивного и сенсорного развития, ухудшение школьной успеваемости, затрудняется ориентировка школьника в окружающем мире, появляются трудности с фиксацией взгляда и восприятием контура и свойств