

УДК [007:572. 788]. 001.57

Связь временных параметров поведения с активностью нейронов в зависимости от ее дифференцированности

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

А.Г. Горкин – к. психол. н., ст. науч. сотрудник, Институт психологии РАН (Москва)

E-mail: agorkin@yandex.ru

Е.А. Кузина – мл. науч. сотрудник, Институт психологии РАН (Москва)

E-mail: ehofir@mail.ru

Проведено исследование с целью выяснения обеспечения активностью нейронов поведения, в частности длительности поведенческих актов. Продемонстрирована связь вероятности наличия корреляции длительности поведенческих актов и частоты импульсации с показателем дифференцированности спайковой активности корковых нейронов. Работа поддержана грантом РФФИ № 14-28-00229.

Ключевые слова: спайковая активность, длительность поведенческого акта, дифференцированность импульсации.

The study was conducted to clarify the neuronal supply of behavior, in particular the duration of behavioral acts. We demonstrate the relation between probability of presence of correlation of the duration of the acts and spiking frequency with the indicator of differentiation of cortical neuron spiking activity. The work was supported by RSF grant 14-28-00229.

Keywords: neuronal spiking activity, behavioral act duration, differentiation of impulsation.

В ряде работ было показано, что по активности специфически связанных с поведением нейронов можно довольно точно описать поведение, реализовывавшееся во время регистрации импульсной активности этих нейронов [1, 2]. В то же время связь количественных параметров поведения, таких как временные и точностные его характеристики, с активностью нейронов не была достаточно исследована [3].

Цель работы – сопоставить дифференцированность активности нейрона в поведении, определяемую как неравномерность частот его импульсации в разных поведенческих актах, с временными параметрами реализуемых актов поведения. В качестве структуры регистрации нейронной активности выбрана ретроспленальная кора, значительная доля нейронов которой специфически активируется в актах примененного нами инструментального пищедобывательного поведения нажатия педалей для получения пищи из кормушек.

Исследование проведено на четырех половозрелых крысах обоего пола, обученных поведению добывания пищи из кормушек после нажатия педалей последовательно на двух сторонах экспериментальной клетки. Поведение на каждой стороне клетки формировали в пять этапов, соответствующих актам дефинитивного поведения. В качестве показателя дифференцированности нейронной активности в поведении выбрано значение непараметрического критерия Фридмана для оценки неравномерности частот активности в поведенческих актах. Из проанализированных 274 клеток доля нейронов с неравномерной импульсацией, соответствовавших уровню достоверности данного критерия в 5% ($p < 0,05$), значимо не различалась в поведении на первой и второй по порядку обучения сторонах клетки. Однако доля случаев корреляции частоты импульсации с длительностью акта была достоверно выше для активности в поведении на первой стороне (Хи-квадрат, $p < 0,001$).

Расчет корреляций частоты активности нейрона в выделенных пяти актах пищедобывательного поведения на одной стороне клетки с их длительностью показал для обеих групп животных досто-

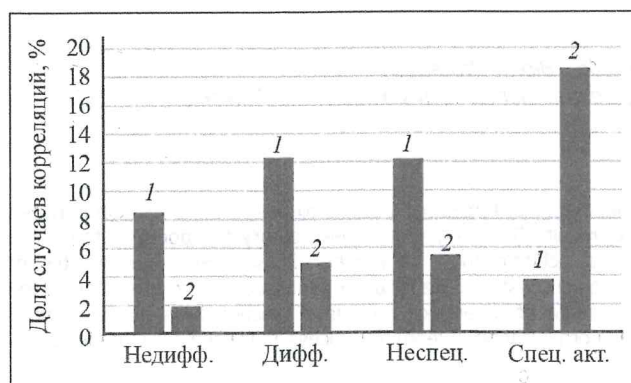


Диаграмма положительных (1) и отрицательных (2) корреляций в разных формах активности нейронов

верно большую долю корреляций с длительностью поведенческих актов для нейронов с дифференцированной активностью, чем без таковой. В достоверно большем числе случаев корреляция частоты импульсации нейрона и длительности поведенческого акта была положительной. На рисунке представлены доли случаев положительных и отрицательных корреляций для разных вариантов дифференцированности импульсации корковых нейронов в поведении. По оси абсцисс дана доля актов с обнаруженной корреляцией частоты импульсации нейрона и длительности акта. По оси ординат представлены последовательно следующие варианты нейронной активности: недифференцированная активность; дифференцированная активность нейронов с неустановленной специализацией; неспецифическая активность специализированных нейронов; активность специализированных нейронов в специфических поведенческих актах.

Во всех случаях (рисунок) доли положительных и отрицательных корреляций достоверно отличаются по критерию Хи-квадрат. Различие доли положительных и отрицательных корреляций также достоверно между случаями недифференцированной, дифференцированной и специфической активности. Обращает на себя внимание инвертированное соотношение корреляций разного знака для специфической активности.

- Исследование показало, что может быть выявлена связь частоты активности нейронов с длительностью поведенческих актов животных, и эта связь различна для нейронов с разной степенью дифференцированности активности в их поведении.

Работа поддержана грантом РФФ № 14-28-00229.

Литература

1. Горкин А.Г., Рождествен А.В., Чистова Ю.Р. Реконструкция отношений компонентов компонентов субъективного опыта по активности специализированных нейронов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2015. № 4. С. 29–30. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7&art=16361>
2. Gorkin A.G., Shevchenko D.G. Stability of behavioral specialization of neurons // Neuroscience and Behavioral Physiology. 1991. Т. 21. № 3. С. 222–229.
3. Hayden B.Y., Smith D.V., Platt M.L. Electrophysiological correlates of default-mode processing in macaque posterior cingulate cortex // Proc Natl Acad Sci USA. 2009. V. 106 № 14. P. 5948–53. doi: 10.1073/pnas.0812035106.

Поступила 9 октября 2017 г.

The relation of behavioral acts duration to neuronal firing frequency is dependent on differentiation of impulsation

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

A.G. Gorkin – Ph.D. (Psychol.), Senior Research Scientist, Institute of Psychology RAS (Moscow)

E-mail: agorkin@yandex.ru

E.A. Kusina – Junior Research Scientist, Institute of Psychology RAS (Moscow)

E-mail: ehofir@mail.ru

In this work, we compared the neuronal activity differentiation in the behavior, defined as the unevenness of its frequency in different behavioral acts, with temporal parameters of the realized acts. As an area of registration of neuronal activity were selected retrosplenial cortex, a significant proportion of which neurons are specifically activated in the acts of applied food-acquisition instrumental behavior of pressing the pedals to obtain food from the feeders.

The study was conducted on 4 mature rats of both sexes, which were trained behavior on two sides of the cage. As an indicator of differentiation of neuron activity in behavior we selected nonparametric Friedman's criterion for the assessment of uniformity of frequencies of activity in behavioral acts. From 274 analyzed neurons the proportion of cells, corresponding to the confidence level of this criterion in 5% ($p < 0.05$), did not significantly differ in the behavior on the first and second sides of the cage. Calculation of correlations between the frequencies of neuronal activity in behavioral acts on each side of the cage with their durations showed a significantly greater number of correlations for neurons with differentiated activity than without it. In all cases of differently differentiated neuronal activity the rate of positive and negative correlations was significantly different by Chi-square criterion. The difference in the proportion of positive and negative correlations was significant between undifferentiated, differentiated and specific activity.

REFERENCES

1. Gorkin A.G., Rozhdestvin A.V., Chistova Ju.R. Rekonstruktsiya otnoshenij komponentov komponentov sub'ektivnogo opyta po aktivnosti spetsializirovannyx neyronov // Neirokomp'yutery: razrabotka, primeneniye. 2015. № 4. S. 29–30. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7&art=16361>
2. Gorkin A.G., Shevchenko D.G. Stability of behavioral specialization of neurons // Neuroscience and Behavioral Physiology. 1991. Т. 21. № 3. С. 222–229.
3. Hayden B.Y., Smith D.V., Platt M.L. Electrophysiological correlates of default-mode processing in macaque posterior cingulate cortex // Proc Natl Acad Sci USA. 2009. V. 106 № 14. P. 5948–53. doi: 10.1073/pnas.0812035106.

УДК [007:572. 788]. 001.57

Формирование многозвеньевых инструментальных навыков у крыс с разной историей предшествующего обучения

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

Е.А. Кузина – мл. науч. сотрудник, Институт психологии РАН,
лаборатория психофизиологии им. В.Б. Швыркова (Москва)
E-mail: ehofir@mail.ru

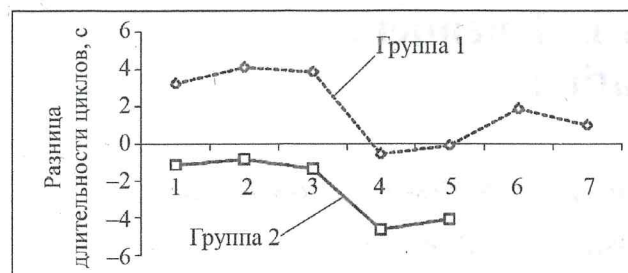
Проведено сопоставление особенностей обучения многозвеньевым инструментальным навыкам у крыс, предварительно обученных одной или двум простым задачам. Описана различающаяся динамика поведенческих характеристик выполнения многозвеньевой последовательности у животных с разным числом этапов предшествующего обучения. Работа поддержана грантом РФФИ № 14-28-00229.

Ключевые слова: история обучения, поведение, крысы, многозвеньевые последовательности, инструментальный навык, дифференциация.

Characteristics of chained instrumental skills' formation were compared in rats that were preliminary taught to perform one or two simple tasks. We found significant differences in behavioral dynamics of acquisition of chained sequences in animals with different number of stages of preceding learning. The work was supported by RSF grant 14-28-00229.

Keywords: history of learning, rats, chained behaviour, instrumental skill, differentiation.

Траектория дифференциации системной структуры опыта при формировании нового ее компонента зависит от характеристик задачи и истории предшествующего обучения [1, 2]. Однако в моделях обучения простым инструментальным актам при анализе поведенческих показателей, как правило, выявляется вклад только первого фактора [1], в отличие от методик обучения многозвеньевым последовательностям актов [3], которые позволяют также дополнительно контролировать этапы приобретения нового навыка [3, 4].



Графическое представление разницы в длительности циклических последовательностей актов при обучении однопедальному и двухпедальному навыкам в двух группах крыс (по оси абсцисс – порядковый номер крысы в каждой группе, по оси ординат – разница в длительности между однопедальным и двухпедальным циклами, с)

Цель работы – сопоставить характеристики формирования двухпедальной (двухзвеньевой) последовательности актов у крыс с разным числом этапов предшествующего обучения этому поведению. Две группы крыс линии Long-Evans (обоего пола, 7–14 мес.) обучались нажимать на две педали в фиксированной последовательности для получения одной порции пищи из кормушки. Первая группа крыс ($n = 7$) была предварительно обучена двум одинаковым однопедальным («простым») циклическим навыкам на первой и второй сторонах экспериментальной клетки, а вторая группа ($n = 5$) – простому циклу только на одной стороне клетки. В двухзвеньевой последовательности у всех животных первой по порядку нажатий была первая и в истории обучения педаль, а вторая находилась посередине клетки. Было обнаружено, что обучение первому однопедальному навыку у крыс обеих групп происходило быстрее (по доле эффективных циклов в сессии обучения к их среднему числу в дефинитивном поведении у данного животного при реализации каждой последовательности актов), чем двухпедальному (Mann–Whitney $Z = 2,54$, $p = 0,012$), но в первой группе длительность цикла в простом навыке была значимо выше, чем в двухпедальном (Wilcoxon $Z = 2,13$, $p = 0,032$), а во второй группе это соотношение было обратным (Wilcoxon $Z = 1,99$, $p = 0,046$) (рисунок).

Оказалось, что в первой группе животных достоверное сокращение среднего времени цикла происходит при обучении второму однопедальному навыку, аналогичному первому (Wilcoxon $Z = 2,37$, $p = 0,018$), и значимо не увеличивается при формировании двухзвеньевой последовательности (Wilcoxon $Z = 0,67$, $p = 0,5$); также относительное число эффективных циклов было наибольшим при обучении второму однопедальному навыку (Wilcoxon $Z = 2,55$, $p = 0,01$). Анализ особенностей поведения в двух группах крыс в течение обучения и трех дней повторения двухзвеньевой последовательности показал, что в первой группе было больше «ошибочных» циклов в минуту, в том числе одиночных нажатий на среднюю педаль и последовательностей нажатий от средней к первой педали (Mann–Whitney $Z = 2$, $p = 0,044$).

- Обучение крыс второму простому инструментальному навыку, аналогичному первому, с одной стороны, облегчало формирование более сложной двухзвеньевой последовательности (по временным параметрам поведения), а с другой, – приводило к значимому увеличению неэффективных циклов, по сравнению с животными, обученными только одному простому циклу.

Работа поддержана грантом РФФ № 14-28-00229.

Литература

1. Александров Ю.И., Горкин А.Г., Созинов А.А., Сварник О.Е., Кузина Е.А., Гаврилов В.В. Консолидация и реконсолидация памяти: психофизиологический анализ // Вопросы психологии. 2015. № 3. С. 1–13.
2. Горкин А.Г., Рождествен А.В., Чистова Ю.Р. Реконструкция отношений компонентов субъективного опыта по активности специализированных нейронов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2015. № 4. С. 29–30. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7&art=16361>
3. Кузина Е.А. Методика обучения крыс многозвеньевым инструментальным навыкам // Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований / Отв. ред. В.А. Барбашников. М.: Изд-во «Институт психологии РАН». 2016. С. 419–426.
4. Рябчикова Н.А., Цитоловская Л.А. Новая форма образования систем пищедобывательных условных рефлексов у животных // жВНД. 1986. Т. 36. № 1. С. 182–185.

Поступила 9 октября 2017 г.

Formation of chained instrumental skills in rats with different history of the preceding learning

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

E.A. Kuzina – Junior Research Scientist, Institute of Psychology RAS,
Laboratory of Psychophysiology n.a. V.B. Schyrkov (Moscow)
E-mail: ehofir@mail.ru

The task of the present study was to compare behavioral performance during learning a two-pedal chained sequence in two groups of Long-Evans rats (6 males and 6 females, 7-15 months) that had previously acquired a different number of simple (not chained) skills: one group of rats ($n=7$) had learned two similar one-pedal operant behaviors on the opposite sides of the experimental cage, and a second group ($n=5$) – only one of simple skills. The two-pedal sequence in both groups always began with the pedal that was the first in the history of learning, and a second pedal was located in the middle of the cage. We found that both groups of rats learned the very first one-pedal skill significantly faster than two-pedal chain, though the first group performed more slowly during the first one-pedal learning than during training in the two-pedal task, in contrast to the second group that had the opposite proportion of durations on these tasks. It appeared that significant decrease of a mean cycle duration in the first group occurred during learning a second one-pedal skill. When comparing the performance of two groups of rats in the course of four days' training on the two-pedal sequence we found that the first group had significantly more "test" cycles per minute. It can be supposed that shorter mean cycle duration and larger overall proportions of effective and "test" cycles in rats that had learned two similar one-pedal skills, can be related to the possibility of a simultaneous actualization of components of experience in this domain that emerged during learning a second simple behaviour, while the development of relevant components and their interrelations in a second group began with the start of the two-pedal sequence learning.

This work was supported by Russian Science Foundation grants №14-28-00229.

REFERENCES

1. Aleksandrov Ju.I., Gorkin A.G., Sozinov A.A., Svarnik O.E., Kuzina E.A., Gavrilov V.V. Konsolidacziya i rekonsoolidacziya pamyati: psixofiziolozicheskij analiz // Voprosy' psixologii. 2015. № 3. С. 1–13.
2. Gorkin A.G., Rozhdestvin A.V., Chistova Ju.R. Rekonstrukcziya otnoshenij komponentov sub'ektivnogo opy'ta po aktivnosti spetsializirovanny'x nejronov // Nejrokompyutery': razrabotka, primenenie. 2015. № 4. S. 29–30. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7&art=16361>
3. Kuzina E.A. Metodika obucheniya kry's mnogozven'evy'm instrumental'ny'm navykam // Procedury' i metody' e'ksperimental'no-psixologicheskix issledovanij / Otv. red. V.A. Barabanshnikov. M.: Izd-vo «Institut psixologii RAN». 2016. С. 419–426.
4. Ryabchikova N.A., Citolovskaya L.A. Novaya forma obrazovaniya sistem pishhedobyvatel'ny'x uslovny'x refleksov u zhivotny'x // zhVND. 1986. T. 36. № 1. С. 182–185.

УДК [007:572. 788]. 001.57

Изменение паттерна специфической активности нейронов ретросплениальной коры крыс после обучения новым поведенческими актами

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

Е.А. Кузина – мл. науч. сотрудник, Институт психологии РАН, лаборатория психофизиологии им. В.Б. Швыркова (Москва)
E-mail: ehofir@mail.ru

Показано, что после обучения второму инструментальному навыку, сходному с первым, у крыс происходит значимое увеличение доли нейронов ретросплениальной коры, специализированных относительно поведенческих актов, связанных с подходом и нажатием на педаль, по сравнению числом клеток, специфически активных в кормушечных актах пищедобывательного цикла. Работа выполнена в рамках исследовательской программы Ведущей научной школы РФ «Системная психофизиология» (НШ-9808.2016.6) и поддержана грантом РФФИ № 17-06-00999.

Ключевые слова: обучение, инструментальное поведение, крысы, специализация нейронов, ретросплениальная кора.

We found that after learning a second operant skill there was an increase in the proportion of neurons of rats' retrosplenial cortex specialized in relation to acts of approaching and pressing the levers as compared to the number of neurons specifically active in feeder acts of the food-acquisition cycle. This work was conducted as a part of the research program of Leading Scientific Schools of RF "System psychophysiology" (NSh-9808.2016.6) and supported by RFBR № 17-06-00999.

Keywords: learning, operant behaviour, rats, specialization of neurons, retrosplenial cortex.

При формировании ряда сходных навыков обучение каждому последующему поведению происходит быстрее, если у животного есть возможность использовать предыдущий опыт в новой ситуации [1]. В таком случае в процессе обучения может наблюдаться активация части нейронов, специализированных относительно ранее выученных поведенческих актов, в аналогичных актах нового поведения [1, 2]. Однако в дефинитивном поведении в экспериментах с регистрацией активности нейронов коры у кроликов и крыс не было обнаружено значимых различий между пропорциями клеток, специализированных на сходных поведенческих актах [2]. Чтобы выяснить, как меняется распределение активности корковых нейронов после обучения второму, сходному с первым, поведению, проводили сравнение паттернов специализации нейронов ретросплениальной коры (РК) крыс после обучения инструментальному навыку – нажатию на первую и вторую педали.

Первую группу крыс (Long-Evans, самцы, 6–15 мес., $n = 4$) по этапам обучали нажимать на одну педаль для получения пищи из кормушки, расположенной в противоположном углу экспериментальной клетки. Этапы обучения – подход к кормушке, отход от кормушки, подход к педали и нажатие на педаль. Вторую группу крыс ($n = 4$) сначала также по этапам обучали циклическому навыку на первой стороне, а затем – аналогичному поведению на второй стороне клетки, но за один этап [3]. Регистрацию активности нейронов РК ($AP=4,5$, $L=1$) проводили стеклянными микроэлектродами, заполненными 2,5 М раствором KCl с импедансом 2...4 Мом через неделю после завершения обучения [4].

Все крысы достоверно быстрее обучались второму навыку (критерий обучения – семь эффективных циклов подряд), по сравнению с первым (Wilcoxon, $Z = 3,7$, $n = 19$, $p < 0,001$), но в дефинитивном поведении средняя длительность циклов на первой и второй сторонах обучения не различалась ($4,64 \pm 1$ с на первой стороне, $5,17 \pm 1,37$ с – на второй, $Z = 1,33$, $n = 10$, $p = 0,183$). Несмотря на то, что между двумя группами крыс не было обнаружено значимых различий в суммарной доле нейронов, специализированных относительно актов нового поведения (25 из 171 – в первой группе, 40 из 215 – во второй, Fisher exact, $p = 0,18$), число клеток, активирующихся в поведенческих актах «кормушечной» (подход и захват пищи из кормушек) и «педальной» (подход и нажатие на педали) половинах пищедобывательных циклов, поменялось. Если в первой группе животных в серии с однопедальным циклом доля «кормушечных» и «педальных» нейронов была одинаковой ($N(\text{пед}) = 12$, $N(\text{корм}) = 10$), то после доучивания второму навыку произошло значимое увеличение доли клеток, специализированных относительно «педальной» части циклического поведения ($N(\text{пед}) = 23$, $N(\text{корм}) = 10$, Fisher exact, $p = 0,02$). Однако, как было показано при сравнении паттернов специ-

ческой активности нейронов РК крыс на последовательных этапах консолидации инструментально-го навыка нажатия на одну педаль, в «педальной» группе клеток также наблюдалось значимо больше дополнительных активаций в первые дни, чем через неделю после обучения [4].

- Можно предположить, что, обучение самому первому инструментальному навыку и доучивание новым актам, сходным с ранее выученными, связано с «повышением» актуализации систем, представленных нейронами (по крайней мере, на уровне РК), специализированными относительно актов, сформированных последними в истории обучения данному поведению.

Работа выполнена в рамках исследовательской программы Ведущей научной школы РФ «Системная психофизиология» (НШ-9808.2016.6) и поддержана грантом РФФИ № 17-06-00999.

Литература

1. Созинов А.А., Крылов А.К., Александров Ю.И. Эффект интерференции в изучении психологических структур // Экспериментальная психология. 2013. Т. 6. № 1. С. 5–48.
2. Александров Ю.И., Горкин А.Г., Созинов А.А., Сварник О.Е., Кузина Е.А., Гаврилов В.В. Консолидация и реконсолидация памяти: психофизиологический анализ // Вопросы психологии. 2015. № 3. С. 1–13.
3. Горкин А.Г., Рождествин А.В., Чистова Ю.Р. Реконструкция отношений компонентов субъективного опыта по активности специализированных нейронов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2015. № 4. С. 29–30. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7&art=16361>.
4. Кузина Е.А., Александров Ю.И. Выделение устойчивых и вариативных характеристик активности нейронов ретросплениальной коры крыс на разных этапах консолидации навыка // Сборник материалов Международной научной конференции памяти Е.Н. Соколова и Ч.А. Измайлова «Человек-нейрон-модель» 19–20 августа 2016 г. С. 126–132.

Поступила 9 октября 2017 г.

Modification in the pattern of neuronal specific activity of the rat retrosplenial cortex after learning new behavioral acts

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

E.A. Kuzina – Junior Research Scientist, Institute of Psychology RAS,
Laboratory of Psychophysiology n.a. V.B. Schyrkov (Moscow)
E-mail: ehofir@mail.ru

In the course of learning a set of similar skills, every subsequent behavior develops more rapidly when the animal have the possibility to make use of its previous experience in a new context. In this case, some neurons that have specific activations in already learned behavior can be active also during learning a similar skill. Therefore, our task was to track possible changes in the distribution of neuronal activity after learning the first and second similar skills by comparing the proportions of selectively active neurons in the rat retrosplenial cortex (RC) following the acquisition of the first and second lever-pressing tasks. One groups of rats (Long-Evans, male, 6-15 months, n=4) gradually learned to press a lever and earn a piece of cheese from the feeder. Second group of rats (n=4) after gradual acquisition of the first operant behavior, also learned a similar skill on the opposite side of the cage. Recordings of single neurons of RC (AP=4,5, L=1) had been conducted following a week after the last learning session. We used glass microelectrodes filled by the 2,5M solution of KCl with the impedance of 2-4 M Ω . All rats significantly earlier reached a criterion during learning a second skill compared to the first one. There were no significant differences between groups in the overall ratio of neurons with specific activations in the learned behaviour, yet the number of cells that had activations in acts of the "feeder" part (approaching a feeder and taking food) and the "lever" (approaching and pressing a lever) half of the behavioral cycle had changed. Whereas the first group of rats had the same proportion of neurons with specific activations in the "feeder" and "lever" segments, the percent of "lever" cells in the second group significantly increased compared to the proportion of "feeder" cells that had not changed. So, it can be supposed that learning the very first and additional operant skills had the same "increased" level of actualization of systems represented by neurons (at least in RC) specialized in relation to acts that had been acquired at the most recent stages of formation of the given behavior.

This work was conducted as a part of the research program of Leading Scientific School of RF "System psychophysiology" (NSH-9808.2016.6) and supported by RHF № 17-06-00999.

REFERENCES

1. Sozinov A.A., Kry'lov A.K., Aleksandrov Ju.I. E'ffekt interferenczii v izuchenii psixologicheskix struktur // E'ksperimental'naya psixologiya. 2013. T. 6. № 1. S. 5–48.
2. Aleksandrov Ju.I., Gorkin A.G., Sozinov A.A., Svarnik O.E., Kuzina E.A., Gavrilov V.V. Konsolidacziya i rekonsoildacziya pamyati: psixofiziologicheskij analiz // Voprosy' psixologii. 2015. № 3. C. 1–13.
3. Gorkin A.G., Rozhdestvin A.V., Chistova Ju.R. Rekonstrukciya odnoshenij komponentov sub'ektivnogo opy'ta po aktivnosti spetsializirovanny'x nejronov // Neirokomp'yutery': razrabotka, primenenie. 2015. № 4. S. 29–30. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr7&art=16361>.
4. Kuzina E.A., Aleksandrov Ju.I. Vy'delenie ustojchivy'x i variativny'x karakteristik aktivnosti nejronov retrosplenial'noj kory' kry's na razny'x etapax konsolidaczii navy'ka // Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferenczii pamyati E.N. Sokolova i Ch.A. Izmajlova «Chelovek-nejron-model'» 19–20 avgusta 2016 g. S. 126–132.

УДК 159.91+ 159.9.072.43

Разработка психофизиологических моделей и методов исследования конкурентных и кооперативных взаимодействий двух испытуемых

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

Е.П. Муртазина – к.м.н., вед. науч. сотрудник, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина (Москва)
E-mail: e.murtazina@nphys.ru

Б.В. Журавлев – д.м.н., профессор, гл. науч. сотрудник, зав. лабораторией, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина (Москва)
E-mail: b.zhuravlev@nphys.ru

Н.Ю. Трифонова – мл. науч. сотрудник, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина (Москва)
E-mail: natrish@bk.ru

Разработаны и апробированы методы, протокол проведения обследований, компьютерные модели совместной деятельности двух испытуемых на основе обратной связи от их электромиографических сигналов: конкурентная и кооперативная. Подготовлены способы синхронной регистрации и анализа электроэнцефалограмм и кардиоритма двух субъектов в процессе их взаимодействий.

Ключевые слова: совместная деятельность, конкуренция, кооперация, электромиограмма, ЭЭГ, вариабельность кардиоритма, гиперсканирование.

Developed and tested methods, Protocol surveys, computer models of joint activities of 2 subjects based on the feedback of their EMG signals: competitive and cooperative. Prepared by the methods of synchronous recording and analysis of EEG and heart rate variability of the two subjects in the process of their interactions.

Keywords: joint activity, competition, cooperation, electromyogram, EEG, heart rate variability, hyperscanning.

Исследования психофизиологических процессов, в частности нейрофизиологических и сомато-вегетативных механизмов, обеспечивающих интеграцию человека в совместную групповую деятельность, являются актуальными и современными в новой области нейронаук – *нейросоциологии*. В последнее время некоторыми авторами начаты исследования синхронных изменений активности различных областей мозга у людей, осуществляющих совместную деятельность, за счет регистрации спектрально-когерентных характеристик их электроэнцефалограмм и фМРТ нейростимуляции. Эти методы получили название *«Гиперсканирование»*.

Показана когерентность активности мозговых структур у пилотов гражданской авиации при совместной работе на тренажерах [4]. Предлагается с помощью методов гиперсканирования исследовать эмоциональный компонент взаимодействия нескольких субъектов в процессе прослушивания музыки [1]. Другими авторами с помощью гиперсканирования магнитоэнцефалограмм показана зависимость синхронной активации и корреляции мозговой активности двух субъектов в кинематических задачах в зависимости от их роли в процессе взаимодействия: лидерства или ведомости испытуемых при совместной деятельности [2, 3].

Цель исследования – разработка компьютерных моделей, протоколов проведения обследований и апробация программно-аппаратных комплексов для анализа комплекса показателей (от психологических до нейрофизиологических) при совместной деятельности испытуемых.

Психофизиологические обследования проведены с участием 20 условно здоровых испытуемых добровольцев обоих полов (6 мужчин, 14 женщин, 20–73 лет). Разработаны протоколы проведения обследований индивидуальных качеств испытуемых, которые включали несколько этапов.

Этап 1 – психологические анкетирование (тесты на личностную и ситуационную тревожность, опросник Кеттела).

Этап 2 – выявление индивидуальных показателей при выполнении зрительно-моторного теста «Стрелок» (скорость обучения, результативность, рискованность, стабильность, устойчивость к процессам рассогласования после ошибок, адаптивность к новизне, уровень притязаний и адекватность самооценки результатов деятельности).

Этап 3 – обучение испытуемых управлять высотой «Столбика», который динамически изменяется в зависимости от параметров электромиографического (ЭМГ) сигнала, регистрируемого телеметрическим датчиком «Колибри» от сгибателей или разгибателей его кисти руки («БОС-кинезис» ООО «Нейротех», г. Таганрог, Россия).

Цвет столбика отражает достигаемый результат – удержание в определенном в пороговом диапазоне: красный – результат не достигается, желтый – близок к порогу, зеленый – достижение результата.

На следующем этапе обследовались пары испытуемых, которых тестировали в процессе деятельности включавшей противоположные виды взаимоотношений. При конкурентной деятельности двух испытуемых была использована та же модель в модификации параллельно представленных двух столбиков, но с инструктированием и мотивированием участников соревноваться в эффективности достижения своих собственных результатов. Для изучения психофизиологических процессов при кооперативной деятельности два участника должны были за счет согласованных мышечных сокращений кистей рук удерживать высоту одного столбика в установленном коридоре. Обеспечение достижения общего результата достигалось по динамике суммарной результирующей от их двух ЭМГ-сигналов. Начиная со второго этапа обследований индивидуальной и парной деятельности проводилась синхронная регистрация кардиоритма и электроэнцефалограммы обоих испытуемых для последующего кросс-корреляционного анализа (гиперсканирования).

- Предложен оригинальный физиологический метод с биологической обратной связью, позволяющий моделировать и изучать процессы совместной деятельности двух людей.

Разработаны два дизайна тестирования испытуемых, которые позволяют исследовать психофизиологические механизмы достижения эффективного кооперативного результата совместных действий и сравнить их отличия от механизмов при конкурентных взаимоотношениях тех же субъектов. Кроме того, разработанный протокол позволит исследовать взаимосвязь эффективности би-субъектной деятельности в зависимости от исходных индивидуальных характеристик.

Литература

1. *Acquadro MA, Congedo M, De Ridder D.* Music Performance As an Experimental Approach to Hyperscanning Studies. *Front Hum Neurosci.* 2016. May 25. № 10. P. 242.
2. *Hasson U., Nir Y., Levy I., Fuhrmann G., Malach R.* Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision. *Science.* 2004. V. 303. № 5664. P. 1634–1640.
3. *Scholkmann F., Holper L., Wolf U., Wolf M.* A new methodical approach in neuroscience: assessing inter-personal brain coupling using functional near-infrared imaging (fNIRI) hyperscanning // *Front Hum Neurosci.* 2013. Nov. 27. № 7. P. 813. doi: 10.3389/fnhum.2013.00813.
4. *Toppi J., Borghini G., Petti M.* Investigating Cooperative Behavior in Ecological Settings: An EEG Hyperscanning Study. *PLoS One.* 2016. Apr 28 V. 11. № 4: e0154236.

Поступила 9 октября 2017 г.

Development of models and methods of psychophysiological studies of competitive and cooperative interactions 2 subjects

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

E.P. Murtazina – Ph.D. (Med.), Leading Research Scientist,

P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology (Moscow)

E-mail: e.murtazina@nphys.ru

B.V. Zhuravlev – Dr.Sc. (Med.), Professor, Head of Laboratory,

P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology (Moscow)

E-mail: b.zhuravlev@nphys.ru

N.Y. Trifonova – Junior Research Scientist, P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology (Moscow)

E-mail: natrish@bk.ru

Studies of psychophysiological processes, in particular neurophysiological and somatic-vegetative mechanisms for human integration into a joint group activities are relevant and contemporary in the new field of neurosciences – neuro-socio-ethology. In this regard, the purpose of the study – to develop computer models and protocols for investigation, and approbation of software and hardware systems for the analysis of a set of indicators (from the psychological to the neurophysiological) during the joint activities of the subjects. Psychophysiological examination was conducted involving 20 healthy subjects volunteers of both sexes (6 men, 14 women, 20-73 years). Protocols had been developed for surveys of the individual qualities of the subjects, which included several blocks: 1 – psychological surveys (tests on personal and situational anxiety, Cattell questionnaire); 2 – identification of individual indicators when performing visual-motor test "Shooter" (the learning rate, performance, riskiness, stability, resistance to processes of mismatch after errors, adaptability to novelty, level of claims and the adequacy of self-evaluation of results). The third stage consisted in training the subject to control the height of the "Column", which dynamically changed depending on the electromyographic (EMG) signal recorded by the telemetric sensor "Kolibri" from the flexors or extensors of his hand ("BOS-kinesis", LLC "Neurotech", Taganrog, The Russian Federation). The color of the column reflected the achieved result – the retention in the specified in the threshold range: red – the result is not achieved, the yellow is close to the threshold, the green is the achievement of the result. At the next stage, pairs of subjects were examined in the course of joint activities that included opposite types of relationships. In case of competitive activity of 2 subjects, the same model was used in the modification of the 2 columns submitted in parallel, but with the instruction and motivation of participants to compete in the effectiveness of achieving their own results. To study the psychophysiological processes in the cooperative activity, two participants were required to maintain the height of one column in the established corridor due to the agreed muscular contractions of the hands. Ensuring achievement of the overall result was achieved by the dynamics of the summing resultant of their 2 EMG signals.

REFERENCES

1. Acquadro MA, Congedo M, De Ridder D. Music Performance As an Experimental Approach to Hyperscanning Studies. *Front Hum Neurosci.* 2016. May 25. № 10. P. 242.
2. Hasson U., Nir Y., Levy I., Fuhrmann G., Malach R. Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision. *Science.* 2004. V. 303. № 5664. P. 1634–1640.
3. Scholkman F., Holper L., Wolf U., Wolf M. A new methodical approach in neuroscience: assessing inter-personal brain coupling using functional near-infrared imaging (fNIRI) hyperscanning // *Front Hum Neurosci.* 2013. Nov. 27. № 7. P. 813. doi: 10.3389/fnhum.2013.00813.
4. Toppi J., Borghini G., Petti M. Investigating Cooperative Behavior in Ecological Settings: An EEG Hyperscanning Study. *PLoS One.* 2016. Apr 28 V. 11. № 4: e0154236.

Читайте в журнале

Нейрокомпьютеры: разработка, применение

№ 4, 2017

НАУЧНАЯ ШКОЛА

«Исследование прогностических способностей мозга от когнитивных функций до нейрогеномики»

Модель флуктуации свойств внеклеточной ДНК при действии на клетки организма повреждающих факторов. **Вейко Р.В., Жесткова Е.М., Ершова Е.С., Вейко Н.Н., Умрюхин П.Е., Костюк С.В.**

Взаимосвязь полиморфизма гена ангиотензинпревращающего фермента (ACE), когнитивных функций мозга и антропометрических характеристик у студентов. **Талипова А.Е., Бец Л.В., Спицын В.А., Рябчикова Н.А.**

Контроверза естественного и искусственного в нейронауках: «Кто виноват» и «Что делать». **Петруня О.Э.**

Новые световые источники, вызывающие пятно «специфического дефицита зрения». **Воронков Г.С.**

Межполушарная нейродинамика спектра когерентности ЭЭГ в процессе вероятностного прогнозирования. **Рябчикова Н.А., Савельев А.В., Ефимова В.Л.**

Мультисенсорность как основа нового нейрокомпьютинга. **Савельев А.В.**

Фактор времени и сенсомоторная интеграция: постураграфическое обследование младших школьников с трудностями в обучении до и после тренинга. **Ефимова В.Л.**

Взаимосвязь саккадических движений глаз и когнитивных процессов пациентов с ранними стадиями болезни Паркинсона. **Рябчикова Н.А., Дамянович Е.В., Чигалейчик Л.А., Базиан Б.Х.**

На пути создания валидной клеточной модели нейродегенеративного процесса альцгеймеровского типа. **Татарникова О.Г., Бобкова Н.В.**

Частота и амплитуда прослеживаемых движений глаз у детей с трудностями обучения при отслеживании скачкообразно перемещающегося стимула. **Трифонов М.И., Ефимова В.Л.**

Материалы журнала находятся в открытом доступе на нашем сайте www.radiotec.ru

УДК 57.024 + 159.953.5 + 591.5

Модели и особенности обучения инструментальному навыку у крыс с различным социальным опытом и иерархическим статусом

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

Е.П. Муртазина – к.м.н., вед. науч. сотрудник, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина (Москва)
E-mail: e.murtazina@nphys.ru

И.С. Матюлько – студентка, биологический факультет, МГУ им. М. В. Ломоносова
E-mail: iralemar@mail.ru

Б.В. Журавлев – д.м.н., зав. лабораторией, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина (Москва)
E-mail: b.zhuravlerb@nphys.ru

И.О. Лазарев – студент, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова
E-mail: lazarevio@mail.ru

Анализ показателей успешности выбора условных сигналов показал, что у животных «изолянтов» замедлен процесс обучения по сравнению с крысами группового содержания. Обнаружены различия обучения животных в зависимости от типа иерархической организации в группах (моно/полидоминантность) и индивидуального статуса каждой крысы.

Ключевые слова: самопроизвольное обучение, выбор, социальная изоляция, иерархический статус, крысы.

The analysis of the successful of the selection signals and reinforcements is shown, that in animals "isolates" the learning process was slowed compared to group-fed rats in household boxes. Differences in the success of training animals of joint content were found depending on the type of hierarchical organization in their groups ("mono-" or "poly-dominance") and the individual status of each rat.

Keywords: spontaneous learning, choice, social isolation, hierarchical status, rats.

Исследование нейрофизиологических механизмов зоосоциальных взаимоотношений у животных является актуальной и современной научной проблемой физиологии высшей нервной деятельности, особенно тех популяций, которые ведут групповой и социальный образ обитания и приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды. Показано значение социального опыта в выборе брачных партнеров, родительском поведении, процессах обучения молодых особей новым навыкам, наилучшей адаптивности субпопуляций животных и в процессах эволюции отдельных видов. В современной терминологии такие исследования относят к новой области нейронаук – «нейросоциологии».

Выявлены агрессивное, конкурентное, взаимовыгодное, иждивенческое, альтруистическое и другие формы зоосоциального поведения у животных. Показаны различия зоосоциальных форм поведения у самцов и самок, лишенных социального опыта (выращенных в изоляции) [3], а также выясняются нейрофизиологические механизмы формирования социальных отношений. Установлено участие фронтальных областей коры головного мозга в регуляции зоосоциального поведения, а также их полушарная асимметрия [1]. Показаны различия медиаторных систем головного мозга (дофаминэргической, эндогенной опиатной и серотонинэргической) [1, 4]. Остается много вопросов относительно процессов выбора тактик социального поведения отдельными субъектами в зависимости от их исходных индивидуально-типологических особенностей, включая когнитивные способности, общую двигательную и исследовательскую активность, иерархический статус в субпопуляциях.

Цель работы – выявление взаимосвязи социального опыта и иерархического статуса крыс в группе со скоростью их обучения сложному инструментальному навыку выбора условных сигналов и подкреплений в интерактивной среде.

Работу проводили на самцах крыс линии Wistar, которые были разделены на 4 группы совместного содержания (по 5 крыс) и группу, содержащуюся в индивидуальных боксах (11 крыс). Всех крыс обучали инструментальному навыку выбора условных сигналов и соответствующих пищевого или питьевого подкреплений в экспериментальной установке Rat Touch Screen Chamber («Lafayette Instrument», США) после суточной депривации по пище и воде [2]. После 11 сеансов обучения крыс-«изолянтов» объединяли в группу по 5 и 6 особей в домашнем боксе и продолжали

обучение параллельно с остальными. Перед и в процессе обучения после начала социализации «изолянтов» определяли иерархическую структуру во всех группах крыс, выявляя доминантных и субдоминантных особей, на основе анализа конкурентной активности к одной поилке после точной водной депривации.

- Показано достоверное замедление процесса обучения у животных «изолянтов» по сравнению с крысами группового содержания. Выявлены два типа иерархической организации в группах крыс совместного содержания: моно- и полидоминантность. Обнаружены взаимосвязи типов иерархической организации животных в группах и индивидуального статуса каждой крысы с динамиками показателей процесса обучения: успешность обучения у доминирующих особей была выше, чем у особей, занимающих подчиненное положение в группе. Динамики процессов обучения у животных с «полидоминантной» иерархической структурой были схожи в этих группах. Отмечены особенности формирования иерархической организации в группах «изолянтов», а также ускорение процесса обучения в процессе их социализации.

Литература

1. Карпова И.В., Михеев В.В., Бычков Е.Р. и др. Социальная изоляция асимметрично изменяет содержание моноаминов в мозге мышей линии balb/c // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2012. Т. 11. № 3. С. 3–9.
2. Муртазина Е.П., Журавлев Б.В., Гурковский Б.В. Особенности самопроизвольного обучения крыс выбору пусковых и целевых сигналов в интерактивной среде // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 5. С. 51–53.
3. Шабанов П.Д., Лебедев А.А. Зоосоциальное поведение крыс // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2007. Т. 5. № 3. С. 2–79.
4. Gillian A.M. Edward H.N., Caitlin M., Vander W. et al. Dorsal Raphe Dopamine Neurons Represent the Experience of Social Isolation // Cell. 2016. V. 164. № 4. P. 617–631.

Поступила 9 октября 2017 г.

Features of learning to the instrumental skill in rats with different social experience and hierarchical status

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

E.P. Murtazina – Ph.D. (Med.), Leading Research Scientist, P.K. Anochin Institute of Normal Physiology (Moscow)
E-mail: e.murtazina@nphys.ru

I.S. Matuyko – Student, Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University
E-mail: iralemar@mail.ru

B.V. Zhuravlev – Dr.Sc. (Med.), Professor, Head of Laboratory, P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology (Moscow)
E-mail: b.zhuravlev@nphys.ru

I.O. Lazarev – Student, Medical Faculty, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry
E-mail: lazarevio@mail.ru

The aim of this study was to identify the relationships between social experience and the hierarchical status of the rats in the groups with the successfulness of their learning complex instrumental skill to choose the conditional signals and reinforcements. Adult male Wistar rats were divided into four groups with 5 animals in each, whereas 11 rats were kept isolated in the individual boxes. After 24-hours of food and water deprivation rats of all groups were placed into Rat Touch Screen Chamber (Lafayette Instrument, USA) where had to learning to the instrumental skill to choose conditional signals followed by eating and drinking reinforcement. After 11 learning sessions, previously isolated rats were united into two groups with 5 and 6 in each, with consequent learning along with the other four groups. Before and while learning, as well as after socialization of isolated rats evaluation of hierarchic structure by identifying dominant and subdominant animals in the groups was performed. Analysis of hierarchic structure in the groups was based on an assessment of animals' competitive activity towards one drinker after 24 hours of water deprivation. It was shown that isolated rats demonstrated deceleration of the learning process in comparison to the rats kept in the groups. Two types of the hierarchical structure were revealed during the experiment: monodominant and polydominant. There were also found the connections between the types of hierarchic structure of animals in the groups, individual status of each rat and dynamic of learning process. Rats with the dominant position in the group appeared to succeed in the learning process more than subordinate rats. Dynamic of the learning process in the groups with polydominant structure had the same rate for all animals. There was also demonstrated an increase in the learning process rate in previously isolated rats after their socialization along with the formation of hierarchic structure in the groups.

REFERENCES

1. Karpova I.V., Mixeev V.V., By'chkov E.R. i dr. Soczial'naya izoljacija asimmetrichno izmenjaet soderzhanie monoaminov v mozge my'shej linii balb/c // Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj mediczinskoj akademii. 2012. T. 11. № 3. S. 3–9.
2. Murtazina E.P., Zhuravlev B.V., Gurkovskij B.V. Osobennosti samoproizvol'nogo obucheniya kry's vy'boru puskovy'x i czelevy'x signalov v interaktivnoj srede // Neirokomp'yutery: razrabotka, primenenie. 2016. № 5. S. 51–53.
3. Shabanov P.D., Lebedev A.A. Zoosoczial'noe povedenie kry's // Obzory po klinicheskoj farmakologii i lekarstvennoj terapii. 2007. T. 5. № 3. S. 2–79.
4. Gillian A.M. Edward H.N., Caitlin M., Vander W. et al. Dorsal Raphe Dopamine Neurons Represent the Experience of Social Isolation // Cell. 2016. V. 164. № 4. R. 617–631.

УДК 612 + 37

Влияние компонентов культуры и психофизиологических особенностей субъекта на скорость его обучения

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

Н.Р. Сабанина – магистр, ст. преподаватель, кафедра педагогики, Институт «Высшая школа образования», Московский педагогический государственный университет
E-mail: myzeinatali@mail.ru

Б.В. Журавлев – д.м.н., зав. лабораторией, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина (Москва)
E-mail: b.zhuravlerb@nphys.ru

В.С. Меськов – д.филос.н., профессор, кафедра педагогики, Институт «Высшая школа образования», Московский педагогический государственный университет
E-mail: mvs947@mail.ru

Е.П. Муртазина – к.м.н., вед. науч. сотрудник, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина (Москва)
E-mail: e.murtazina@nphys.ru

Проведен анализ общего культурного развития человека (ОКР), основанный на рассмотрении культуры с точки зрения различных форм её представления и освоения субъектом каждой из них. В результате кросс-анализа выявлены корреляты скорости обучения, психофизиологических параметров и ОКР.

Ключевые слова: общее культурное развитие, вариабельность сердечной деятельности, скорость обучения, среда.

Analysis of the overall cultural development of man (OCD) is based on the consideration of culture in terms of the various forms of its representation and mastering by each of them. As a result of cross-analysis, correlates of the speed of learning, psychophysiological parameters and OCD were revealed.

Keywords: general cultural development, variability of cardiac activity, rate of learning, environment.

Понимание духовного становления человека в культуре как путь творчества в современном мультикультурном мире является далеко не тривиальной задачей.

Цель работы – на основании используемых для исследования методологии и технологий определить и обосновать взаимосвязи показателей общего культурного развития и психофизиологических характеристик человека. Полученные результаты могут послужить основой для создания моделей познания и конструирования образовательных сред [4].

В концепции функциональных систем факторам воздействия внешней среды всегда уделялось основное внимание: «...информационный уровень затрагивает процессы отражения мозгом внутренних состояний организма, и разнообразных воздействий на него многочисленных факторов внешней среды». [1, с. 21]. Особенностью подхода авторов статьи является рассмотрение культуры с точки зрения различных форм её представления в соответствии с постнеклассической концепцией культуры [2]. Каждая из форм представления культуры характеризуется специфическими компонентами: актором культуры, ценностью, законом и закономерностями её развития, специфическими артефактами (предметами и процессами культуры), а также её языком. Методика определения общего культурного развития (ОКР) направлена на анализ количества используемых актором форм представления культуры и уровня освоения каждой из них [3].

Оценка психофизиологических показателей проведена с помощью программно-аппаратного комплекса «Акцептор» на основе выполнения испытуемыми сложного сенсомоторного теста [6, стр. 650]. Параллельно регистрируется кардиоинтервалограмма, по которой рассчитываются общепринятые показатели вариабельности сердечной деятельности с помощью программно-аппаратного комплекса «Варикард» [5, стр. 2]. Обследования проведены на 10 испытуемых – добровольцах (женщинах, 27–40 лет).

- В результате анализа взаимосвязей показателей ОКР и индивидуальных психофизиологических характеристик было выявлено, что 1) уровень функционального состояния организма имеет прямую корреляцию с уровнем общего культурного развития испытуемого, 2) достижение результатов психической деятельности (скорость обучения) при более низком уровне ОКР сопровождается более высоким напряжением регуляторных систем, 3) высокие показате-

тели скорости обучения коррелируют с высокой вариабельностью сердечного ритма и высокой суммарной мощностью спектра при показателе ОКР примерно 70%. Данные выводы были сделаны для случая понимания испытуемых как коллективного распределённого субъекта.

Литература

1. Александров Ю.И., Брушлинский А.В., Судаков К.В., Умрюхин Е.А. Системные аспекты психической деятельности // Под ред. К.В. Судаковой. М.: Эдиториал. УРСС. 1999. 272 с.
2. Сабанина Н.Р. Культура: постнеклассическая трактовка // Электронное научное издание Альманах «Пространство и время». 2017 (в печати).
3. Зыков М.Б., Сабанина Н.Р. Уровень общего культурного развития как коррелят достойного социального поведения школьника // Инновационные тенденции интеграции и гуманитаризации образования: материалы всерос. конф. «Интеграция как условие гуманитаризации в образовании: Юсовские чтения» / Под общ. ред. Л.Г. Савенковой. М.: ФГБНУ ИХОиК РАО. 2015. 294 с.
4. Сорина Г.В., Меськов В.С. Социокультурное измерение образовательного пространства // Ценности и смыслы. 2013. Т. 27. № 5. С. 83–99.
5. Муртазина Л.П. Вариабельность кардиоритма и его связь с результативностью последующей зрительно-моторной деятельности // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 2. С. 1–9.
6. Муртазина Е.П., Журавлев Б.В. Экспресс метод системного анализа психофизиологических особенностей целенаправленной деятельности человека // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2013. Т. 156. № 11. С. 650.

Поступила 9 октября 2017 г.

Influence of cultural components and psychophysiological features of the subject on the speed of his training

© Authors, 2017

© Radiotekhnika, 2017

N.R. Sabanina – Master, Department of Pedagogy, Institute «Higher School of Education», Moscow Pedagogical State University
E-mail: myzeinatali@mail.ru

B.V. Zhuravlev – Dr.Sc. (Med.), Professor, Head of Laboratory, P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology (Moscow)
E-mail: b.zhuravlevb@nphys.ru

V.S. Meskov – Dr.Sc. (Philos.), Professor, Department of Pedagogy, Institute «Higher School of Education» Moscow Pedagogical State University
E-mail: mvs947@mail.ru

E.P. Murtazina – Ph.D. (Med.), Leading Research Scientist, P.K. Anokhin Institute of Normal Physiology (Moscow)
E-mail: e.murtazina@nphys.ru

Understanding the spiritual formation of human culture as a way of creativity in today's multicultural world is nontrivial task. We attempt to identify and justify the relationship between indicators of general cultural development and psychophysiological characteristics on the basis of the methodology used for the research and technologies. These results may serve as a basis for creating models of cognition, learning environments and individual trajectories of development.

A special feature of our approach is to consider culture, from the point of view of the various forms of its presentation in accordance with the post-non-classical concept of culture.

Each of the forms of representation of culture (FPK) are characterized by specific components: actor of culture, values, the laws and regularities of its development, specific artifacts (objects and cultural processes), as well as its language. Methods of determining the general cultural development (GCD) is described by two parameters: number of FPK used by actor and the level of exploration each of them. The psychophysiological indicators was carried out with the help of hardware and software "acceptor" on the basis of the implementation of complex subjects sensorimotor test. Parallel registers Cardiointervalogram which are calculated by the conventional cardiac variability using hardware and software complex "Varikard". Surveys conducted on 10 subjects – volunteers. An analysis of the relationships of the GCD indices and individual psychophysiological characteristics revealed that 1) the level of the functional state of the organism has a direct correlation with the level of general cultural development, 2) the mental productivity (% hit, the speed of learning) of actor with low level of GCD is accompanied by high level of tension its regulation systems, 3) high rates of learning speed are associated with high heart rate variability and high total spectrum power, with an OCD value of about 70%. These conclusions have been made for the case of awareness of the subjects as a collective distributed subject.

REFERENCES

1. Aleksandrov Ju.I., Brushlinskij A.V., Sudakov K.V., Umryuxin E.A. Sistemny'e aspekty' psixicheskoy deyatel'nosti // Pod red. K.V. Sudakovej. M.: E'ditorial. URSS. 1999. 272 s.
2. Sabanina N.R. Kul'tura: postneklassicheskaya traktovka // E'lektronnoe nauchnoe izdanie Al'manax «Prostranstvo i vremya». 2017 (v pechati)
3. Zy'kov M.B., Sabanina N.R. Uroven' obshhego kul'turnogo razvitiya kak korrelyat dostojnogo sotsial'nogo povedeniya shkol'nika // Innovacionny'e tendenczii integraczii i gumanitarizaczii obrazovaniya: materialy' vseros. konf. «Integracziya kak uslovie gumanitarizaczii v obrazovanii: Jusovskie chteniya» / Pod obshh. red. L.G. Savenkovej. M.: FGBNU IXOIK RAO. 2015. 294 s.
4. Sorina G.V., Mes'kov V.S. Socziokul'turnoe izmerenie obrazovatel'nogo prostranstva // Cennosti i smy'sly'. 2013. T. 27. № 5. S. 83–99.
5. Murtazina L.P. Variabel'nost' kardioritma i ego svyaz' s rezul'tativnost'yu posleduyushhej zritel'no-motoronj deyatel'nosti // Fiziologiya cheloveka. 2015. T. 41. № 2. S. 1–9.
6. Murtazina E.P., Zhuravlev B.V. E'kspress metod sistemnogo analiza psixofiziologichesk osobennostej czelenapravlennoj deyatel'nosti cheloveka // Byulleten' e'ksperimental'noj biologii i medicziny'. 2013. T. 156. № 11. S. 650.

УДК [007:572. 788]. 001.57

Механодендритная нейровизуализация в информационном оживлении наноразмерных «виртуально-живых» объектов

© Авторы, 2017

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2017

И.С. Брянцев – аспирант, Московский городской педагогический университет
E-mail: kolbasa-90@list.ru

В.В. Колушов – к.т.н., доцент, кафедра «Высшая математика», Уфимский государственный
авиационный технический университет
E-mail: KVV@ufanet.ru

А.В. Савельев – к.филос.н., ст. науч. сотрудник,
нач. патентного агентства «©Уникально честное патентование» (Москва)
E-mail: gmkristo@yandex.ru

Приведены результаты исследований функциональной механодинамики дендритов на наноструктурном уровне взаимодействия работы Na- и K-каналов дендритной мембраны. Методами математического моделирования воспроизводились изменения результативности их работы, связанные с динамикой структуры мембраны, вызванной функциональной активностью дендрита нейрона. Полученные результаты могут расширить представления о функционировании нейронов и нервной системы. *Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках проекта № 15-03-00519а «Постнеклассическая парадигма искусственного интеллекта».*

Ключевые слова: виртуальное оживление, наноразмерная структура, каналы, дендритная мембрана, механодинамика.

The results of investigations of the functional mechanodynamics of dendrites at the nanostructured level of interaction of the Na and K channels of the dendritic membrane are presented. Methods of mathematical modeling reproduced changes in the effectiveness of their work, associated with the dynamics of the membrane structure, caused by the functional activity of the neuron dendritic. The results obtained can broaden the understanding of the functioning of neurons and the nervous system.

Keywords: virtual "revival", nano-scale structure, channels, dendritic membrane, mechanodynamics.

Ранее, на основании исследований авторов [1] впервые сформулированы объективные качественные и количественные отличия живых систем от искусственных, созданных человеком, в том числе нервной системы от искусственных нейронных сетей (ИНС) и искусственных нейронов (ИН). Несмотря на то, что инженерно-технические специалисты утверждают отсутствие всякого мотива воспроизведения какого-либо подобия свойств живой нервной системы в ИНС и ИН, превосходство живых систем в решении определенных (в том числе, информационных) задач налицо [2]. Кардинальное отличие технических систем состоит в их аксиоматическом построении. При этом достаточно изменить аксиому – и получится совсем другой набор свойств. Может быть, это и не нужно при решении узкой технической задачи в случае идеального достижения необходимой эффективности ее решения, но в случае познания законов функционирования реальных объектов это совершенно недопустимо.

Цель работы – проиллюстрировать на конкретном примере изучения закономерностей функционирования нейронов важность выбора или смены аксиомы, устанавливаемой в основе исследования или системы моделей, а также получение нового результата путем применения указанной методологии.

Известно, что дендритная мембрана нейрона содержит встроенные HCN_1 и HCN_2 (гиперполяризационно-активируемые управляемые циклическими нуклеотидами) каналные белки, воротная потенциалозависимая система которых осуществляет регуляцию мембранных потенциалов [3]. Известен также ряд механочувствительных каналных транспортных белков клеток (например, прокариотических), осуществляющих, как правило, микропиноцитоз в ответ, например, на увеличение размеров клетки [4]. Однако механочувствительность потенциалозависимых Na- и K-каналов и связь с этим их электропродуктивности до сих пор не была обнаружена.