

Динамика формирования когнитивных карт в гиппокампе мышей в новой обстановке

В. П. Сотсков¹ В. В. Плюснин² Н. А. Поспелов³ К. В. Анохин⁴

Работа посвящена изучению динамики формирования когнитивных карт новой обстановки в гиппокампе бодрствующих мышей в свободном поведении. Было измерено среднее время, требующееся для формирования стабильных нейронных репрезентаций пространства, а также охарактеризована пространственная селективность когнитивных карт. Было исследовано изменение этих параметров в последующие дни эксперимента, а также был проведён популяционный анализ нейронной активности с целью верификации полученных результатов.

Ключевые слова: клетки места, поля места, когнитивные карты, гиппокамп

Процесс специализации нейронов живых организмов относительно внешних стимулов представляет собой один из ключевых вопросов нейрофизиологии. Важным примером такой специализации являются когнитивные карты — совокупность рецептивных полей (полей места) клеток места в гиппокампе млекопитающих [1]. Такие карты могут быть относительно стабильными в течение долгого времени [2], однако кратковременная динамика формирования таких карт в первые моменты после помещения животного в новую среду остаётся не до конца исследованной.

¹ *Сотсков Владимир Павлович* — лаборант-исследователь, Институт перспективных исследований мозга МГУ, e-mail: vsotskov@list.ru

Sotskov Vladimir Pavlovich — research laboratory assistant, Lomonosov Moscow State University, Institute for Advanced Brain Studies

² *Плуснин Виктор Владимирович* — лаборант-исследователь, НИЦ «Курчатовский Институт», Институт перспективных исследований мозга МГУ, e-mail: witkax@gmail.com

Plusnin Viktor Vladimirovich — research laboratory assistant, National Research Center «Kurchatov Institute», Lomonosov Moscow State University, Institute for Advanced Brain Studies

³ *Поспелов Никита Александрович* — инженер-исследователь, Институт перспективных исследований мозга МГУ, e-mail: nik-pos@yandex.ru

Pospelov Nikita Alexandrovich — research engineer, Lomonosov Moscow State University, Institute for Advanced Brain Studies

⁴ *Анохин Константин Владимирович* — директор, Институт перспективных исследований мозга МГУ, e-mail: k.anokhin@gmail.com

Anokhin Konstantin Vladimirovich — director, Lomonosov Moscow State University, Institute for Advanced Brain Studies

Для характеристики такой динамики нами была проведена съёмка активности нейронов места, расположенных в поле CA1 гиппокампа бодрствующих мышей, при помощи монтируемых на голову миниатюрных флуоресцентных микроскопов (минископов) в ходе свободного исследования животными новой обстановки в виде кольцевого трека, а также в ходе двух повторных сессий в той же обстановке через 24 ч и 48 ч.

В ходе эксперимента было зарегистрировано 819 пространственно селективных клеток в 12 животных. На второй день эксперимента у части животных (44%) наблюдалось сохранение когнитивной карты, в то время как у другой части наблюдалось перестроение когнитивной карты, что согласуется с ранее полученными данными [4]. Было показано, что в условиях новой обстановки среднее время, требуемое на формирование отдельных полей места составило 231 с, что в среднем соответствовало 7 посещениям поля места. Однако, существенная часть (26%) полей места была сформирована в самый первый момент их посещения животным. В последующих сессиях съёмки наблюдалось устойчивое сокращение среднего времени формирования полей места, вне зависимости от перестроения или сохранения когнитивной карты у животных в этих сессиях съёмки. При этом пространственная селективность когнитивных карт росла в течение каждой из сессий, однако её накопления между сессиями не наблюдалось. Кроме того, нами был проведён популяционный анализ активности всех зарегистрированных нейронов, не только клеток места, и было показано, что данные нейронной активности позволяют восстановить траекторию животных в кольцевом треке. Также было показано, что ошибка реконструкции траектории соответствует средней пространственной селективности когнитивной карты.

Эти факты могут служить основанием для поиска событий, обуславливающих специализацию клеток места, таких как отдельные акты поведения или определённые состояния активности популяции нейронов.

Исследование выполнено при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект», а также гранта РФФИ № 20-15-00283.

Список литературы

- [1] O'Keefe J., Dostrovsky J., "The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat", *Brain Research*, **34**:1 (1971), 171–175.
- [2] Ziv Y., Burns L. D., Cocker E. D., Hamel E. O., Ghosh K. K., Kitch L. J., El Gamal A., Schnitzer M. J., "Long-term dynamics of CA1 hippocampal place codes", *Nature Neuroscience*, **16**:3 (2013), 264–266.

- [3] Ghosh K. K., Burns L. D., Cocker E. D., Nimmerjahn A., Ziv Y., Gamal A. E., Schnitzer M. J., “Miniaturized integration of a fluorescence microscope”, *Nature Methods*, **8**:16 (2011), 871–878.
- [4] Sheintuch L., Geva N., Baumer H., Rechavi Y., Rubin A., Ziv Y., “Multiple maps of the same spatial context can stably coexist in the mouse hippocampus”, *Current Biology*, **30**:8 (2020), 1467–1476.

Dynamics of the formation of cognitive maps in the hippocampus of mice in a new environment

Sotskov V.P., Plusnin V.V., Pospelov N.A., Anokhin K.V.

This study is devoted to short-term dynamics of establishing of cognitive maps of a novel environment in the hippocampus of freely behaving mice. The average time required for stable spatial neuronal representations to establish was evaluated and spatial selectivity of these cognitive maps was characterized. It was shown how these parameters evolved on further days of the experiment and a population analysis of neuronal activity was performed to verify these results.

Keywords: place cells, place fields, cognitive map, hippocampus

References

- [1] O’Keefe J., Dostrovsky J., “The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat”, *Brain Research*, **34**:1 (1971), 171–175.
- [2] Ziv Y., Burns L. D., Cocker E. D., Hamel E. O., Ghosh K. K., Kitch L. J., El Gamal A., Schnitzer M. J., “Long-term dynamics of CA1 hippocampal place codes”, *Nature Neuroscience*, **16**:3 (2013), 264–266.
- [3] Ghosh K. K., Burns L. D., Cocker E. D., Nimmerjahn A., Ziv Y., Gamal A. E., Schnitzer M. J., “Miniaturized integration of a fluorescence microscope”, *Nature Methods*, **8**:16 (2011), 871–878.
- [4] Sheintuch L., Geva N., Baumer H., Rechavi Y., Rubin A., Ziv Y., “Multiple maps of the same spatial context can stably coexist in the mouse hippocampus”, *Current Biology*, **30**:8 (2020), 1467–1476.