СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СВЯЗИ ТЕТА-РИТМА С ПРОЦЕССАМИ ВНИМАНИЯ И ПАМЯТИ

Каратыгин Н.А.^{1,2}, Бирюкова Е.В.²

¹ФБГНУ «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина»; ²ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова,
Москва, Россия
nikol.karatygin@yandex.ru

В настоящее время стремительно увеличивается количество работ, касающихся ритмических процессов в корковых и подкорковых структурах мозга. Цель данной работы заключалась в обобщении накопленной за последние годы информации о роли тета-ритма (4-8 Гц) в процессах памяти и внимания.

Среди исследований тета-ритма выделяются два основных направления.

К первому направлению относятся исследования тета-активности, регистрируемой при помощи ЭЭГ или МЭГ. У здоровых взрослых людей такая активность наблюдается в виде отдельных тета-колебаний или серий колебаний с локализацией преимущественно во фронтально-медиальных отделах коры, но может наблюдаться и в других корковых зонах. Этот ритм чаще всего связывают с активацией процессов рабочей памяти и произвольного внимания при увеличении интеллектуальной нагрузки или эмоционального напряжения.

Второе направление составляют исследования тета-ритма гиппокампа и связанных с ним структур, который регистрируется в основном при помощи интракраниальных электродов у животных и у пациентов при локализации источников эпилептической активности. Среди источников генерации гиппокампального тета-ритма выделяют пейсмейкерную активность нейронов медиального септума. Кроме этого нейроны самого гиппокампа также обладают осцилляторными свойствами (Butler J.L., Paulsen O., 2015). В генерацию гиппокампального тета-ритма вносят вклад и другие структуры мозга. Отмечается неоднородность тета-ритма для разных отделов гиппокампа (Mikulovic с соавт. 2018).

В процессах формирования кратковременной памяти и перевода ее в долговременную ключевая роль принадлежит гиппокампу и префронтальной коре (Tonegawa S. с соавт., 2018). Интеграция их активности осуществляется при помощи тета-ритма (Eichenbaum H., 2017). Явление прецессии тета-ритма «нейронов места» гиппокампа связывают с запоминанием различных последовательностей мест, с воспроизведением уже пройденных или еще планируемых траекторий движения (Pezzulo G. с соавт 2017). Показано участие гиппокампального тета-ритма в других, непространственных видах памяти (Terada S. с соавт 2017). В гиппокампе продемонстрирована модуляция тета-ритмом высокочастотной и низкочастотной гамма-активности (Amemiya S., Redish A.D., 2018).

Многие современные исследования выявляют систематическую периодичность в процессах внимания (VanRullen, 2016). Показано, что внимание представляет из себя ритмический процесс, осциллирующий с частотой 4-8 Гц (VanRullen, 2018; Helfrich с соавт., 2018). При этом другие ритмы (альфа, бета и гамма) модулируются тета-ритмом (Fiebelkorn с соавт., 2018). Предполагается разная функциональная роль

«положительной» и «отрицательной» фаз тета-колебаний, при этом положительная фаза ассоциируется с удержанием внимания на объекте, а отрицательная – с возможностью переключения внимания на другой объект. Тета-фаза в лобных и теменных отведениях во время предъявления целевого стимула может служить предиктором результативности деятельности (точности обнаружения или времени реакции) (Helfrich с соавт., 2018).

Таким образом, тета-ритм представляет из себя один из самых важных ритмических феноменов, регистрируемых в коре и в подкорковых структурах мозга. Основная функциональная роль тета-ритма, как в процессах памяти, так и в процессах внимания заключается в интегрировании деятельности отдаленных зон мозга и в модуляции более высокочастотных ритмов.

MODERN VISION ABOUT THE RELATIONSHIP OF THETA RHYTHM WITH THE PROCESSES OF ATTENTION AND MEMORY

Karatygin N.A.^{1,2}, Birukova E.V.²

¹P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology,

**²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia
nikol.karatygin@yandex.ru**

The number of works related to the rhythmic processes in the cortical and subcortical structures of the brain is rapidly increasing by now. The aim of this work is to summarize the information about the role of theta rhythm (4-8 Hz) in the processes of memory and attention accumulated in recent years.

Among the studies of theta rhythm there are two main approaches.

The first approach includes the studying of theta activity recorded by EEG or MEG. In healthy adults, such activity is observed in the form of separate theta oscillations or series of oscillations with localization mainly in the frontal-medial cortex, but can also be observed in other cortical zones. This rhythm is most often associated with the activation of the processes of working memory and voluntary attention with an increase in intellectual load or emotional strain.

The second approach is the studying of the hippocampal theta rhythm and related structures, which is recorded mainly using intracranial electrodes in animals and patients, with epileptic source localization. Among the sources of hippocampal theta rhythm generation, pacemaker activity of neurons of the medial septum is distinguished. In addition, the hippocampal neurons also have oscillatory properties (Butler J. L., Paulsen O., 2015). Other brain structures also contribute to the

generation of hippocampal theta rhythm. There is a heterogeneity of theta rhythm for different parts of the hippocampus (Mikulovice et al., 2018).

The hippocampus and prefrontal cortex play a key role in the formation of short-term memory and its translation into long-term memory (Tonegawa S. et al., 2018). Integration of their activity is carried out with the help of theta rhythm (Eichenbaum H., 2017). The phenomenon of the theta precession of "place cells" in the hippocampus are associated with remembering different sequences with playback of already completed or planned trajectories (Pezzulo G. et al., 2017). The participation of hippocampal theta rhythm in other non-spatial memory types is shown (Terada S. et al., 2017). The modulation by theta rhythm of high-frequency and low-frequency gamma activity was demonstrated in hippocampus.

Many modern studies reveal a systematic periodicity in attention processes (VanRullen, 2016). It is shown that attention is a rhythmic process oscillating at a frequency of 4-8 Hz (VanRullen, 2018; Helfrich et al., 2018). Other rhythms (alpha, beta and gamma) are modulated by theta rhythm (Fiebelkorn et al., 2018). Different functional roles of the "positive" and "negative" phases of theta oscillations are assumed, with the positive phase associated with the retention of attention on the object, and the negative phase associated with the ability to switch attention to another object. The theta phase in the frontal and parietal leads during the presentation of the target stimulus can serve as a predictor of performance (detection accuracy or reaction time) (Helfrich et al., 2018).

Thus, theta rhythm is one of the most important rhythmic phenomena recorded in the cortex and subcortical structures of the brain. The main functional role of theta rhythm, both in memory processes and in the processes of attention is to integrate the activities of remote brain areas and to modulate higher frequency rhythms.