



Межрегиональная
ассоциация
когнитивных
исследований



ЦЕНТР РАЗВИТИЯ
МЕЖЛИЧНОСТНЫХ
КОММУНИКАЦИЙ



БФУ
ИМ.И.КАНТА



Правительство
Калининградской
области

VIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КОГНИТИВНОЙ НАУКЕ

VIIIth INTERNATIONAL CONFERENCE ON COGNITIVE SCIENCE

18.10.18 - 21.10.18

СВЕТЛОГОРСК
РОССИЯ

SVETLOGORSK
RUSSIA

ЭЭГ И МЭГ ИССЛЕДОВАНИЕ МОЗГОВЫХ МЕХАНИЗМОВ КОГНИТИВНОГО КОНТРОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА¹

**Чернышев Б.В., Новиков Н.А., Нурисламова Ю.М.,
Жожикашвили Н.А., Строганова Т.А., Буторина А.В.**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Москва, Россия)

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия)

bchernyshev@hse.ru

Когнитивным контролем называют совокупность процессов, обеспечивающих адаптивное целенаправленное поведение и поддерживающих на оптимальном уровне вовлеченные когнитивные процессы (Yeung, 2014). В их число входят как специфические процессы (внимание), так и неспецифические процессы (регуляция моторного порога). Ухудшение работы каждого из этих механизмов может привести к совершению испытуемыми характерных типов ошибочных ответов (van Drieletal., 2012). За ошибочными ответами следуют адаптивные изменения процессов когнитивного контроля. Оценка результатов совершенного действия сопряжена с двумя типами ошибки предсказания результата – «без знака» (отражают важность сигнала обратной связи) и «со знаком» (отражают степень правильности результата) (Ullsperger, 2017).

Исследования мозговых процессов, связанных с указанными выше аспектами когнитивного контроля, как правило, проводились при выполнении испытуемыми достаточно узкого круга задач – основанных на стимулах, предъявляемых в зрительной модальности, и имплицитно подразумевающих необходимость осуществлять подавление преобладающих реакций при предъявлении неконгруэнтных стимулов (например, задача Саймона).

Чрезвычайно информативным для исследования мозговых процессов когнитивного контроля оказалось применение частотно-временного анализа ЭЭГ, с анализом осцилляций в диапазоне тета-ритма и других диапазонах. При этом тета осцилляции в данном контексте остаются практически не изученными с применением МЭГ – хотя данный метод

¹ Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2018 гг.

может дать более высокое пространственное разрешение в сравнении с ЭЭГ.

Нами проведена серия экспериментов с применением ЭЭГ и МЭГ, целью которых было изучить эффекты когнитивного контроля при решении задач в слуховой модальности, не требующих подавления доминирующих реакций, с анализом динамики и топографии эффектов осцилляторной активности. В настоящем исследовании применены разработанные нами модифицированные версии слуховых конденсационных задач (Chernyshev et al., 2018; Novikov et al., 2015).

Эксперимент 1. Исследовали адаптивные изменения осцилляторной активности после совершения ошибочных ответов. Показано существование трех мозговых сетей, модуляции активности которых связаны с обработкой ошибок и механизмами пост-ошибочной адаптации: медиальная префронтальная сеть (контролирует необходимость увеличения когнитивного контроля), теменная сеть внимания (поддерживает устойчивое внимание) и сенсомоторная сеть (поддерживает принятие решений и выбор действия) (Novikov et al., 2015).

Эксперимент 2. Исследовали возможность разделения реализаций, характеризующихся высокими и низкими уровнями внимания и неопределённости, на основе времени ответа. Показано, что при быстрых ответах проявилась внутренняя детекция результата моторного ответа, при медленных – внешняя детекция на основе стимулов обратной связи. Полученные результаты свидетельствуют о том, что быстрое совершение ответа сопряжено с более высоким уровнем внимания и низкой неопределённостью, а медленное – с низким уровнем внимания и высокой неопределённостью (Novikov et al., 2017).

В эксперименте 3 анализировали правильные и ошибочные ответы в ситуации научения по типу «проб-и-ошибок», а также правильные ответы в ситуации достижения высокого уровня выполнения задачи. В отличие от исследований с применением ЭЭГ – как наших (Novikov et al., 2015; Novikov et al., 2017), так и известных по литературным источникам (van Driel et al., 2012; Yeung, 2014) – регистрация МЭГ позволила выявить распределенную кортикальную сеть источников тета-осцилляций. Данная сеть включала в себя не только медиальную фронтальную кору, но также медиальные парацентральные и теменные области, островковую и слуховую кору, премоторные и моторные зоны в нижней лобной извилине. Полученные данные позволили подтвердить существование двух компонентов ошибки предсказания: ранний компонент ответа на сигнал обратной связи соответствовал компоненту ошибки предсказания «без знака», в то время как поздний компонент ответа на сигнал обратной связи отражал ошибку предсказания «со знаком». В данном исследова-

нии впервые показана применимость и эффективность метода МЭГ для исследования тета осцилляций как коррелята процессов когнитивного контроля.

Проведенные исследования с применением модифицированных версий конденсационной задачи позволили выявить распределенные мозговые сети, ответственные за реализацию ряда важнейших аспектов когнитивного контроля. Подтверждено и расширено описание ряда фундаментальных закономерностей, полученных ранее в иных экспериментальных условиях и в иной сенсорной модальности (van Driel et al., 2012; Yeung, 2014).

Chernyshev B. V., Nikolaeva A. Y., Prokofyev A. O., Razorenova A. M., Tyulenev N. B., Stroganova T. A. 2018. Acquisition of new word meaning by auditory-motor associations in trial-and-error learning paradigm. *Психология. Журнал Высшей школы экономики*. (в печати).

Novikov N. A., Bryzgalov D. V., Chernyshev B. V. 2015. Theta and alpha band modulations reflect error-related adjustments in the auditory condensation task. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 673.

Novikov N. A., Nurislamova Y. M., Zhzhikashvili N. A., Kalenkovich E. E., Lapina A. A., Chernyshev B. V. 2017. Slow and fast responses: two mechanisms of trial outcome processing revealed by EEG oscillations. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, Artn 218.

Ullsperger M. 2017. Neural bases of performance monitoring. *The Wiley Handbook of Cognitive Control*, 292-313.

van Driel J., Ridderinkhof K. R., Cohen M. X. 2012. Not all errors are alike: theta and alpha EEG dynamics relate to differences in error-processing dynamics. *The Journal of Neuroscience*, 32(47), 16795-16806.

Yeung N. 2014. Conflict monitoring and cognitive control. In: K. N. Ochsner and S. Kosslyn (Eds.), *The Oxford Handbook of Cognitive Neuroscience: The Cutting Edges* (pp. 275-299). Oxford: Oxford University Press.