

Statistical analysis found out weak negative correlation between excitation level and central reactions number ($r=-0,27$, $p=0,007$). On the other hand, moderate positive correlation was shown for peripheral associations number and excitation level ($r=0,38$, $p<0,001$). Moderate negative correlation was detected between excitation level and answer absence percentage ($r=-0,43$, $p<0,001$).

Thus, it is presumed that too high excitation level leading to higher activity (searching answer to stimulus and decrease of reactions absence) at the same time seems to be an obstacle to focusing on semantic and hierarchical relations between concepts. This turns to non-stereotypic answers with subtle logical-semantic relationship to stimuli and peripheral reactions rise.

КОГНИТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ: НОВЫЕ МОЗГОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ВЫЯВЛЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ С ВЫСОКОЙ НАГРУЗКОЙ НА ВНИМАНИЕ

Чернышев Б.В.^{1,2}, Новиков Н.А.¹, Брызгалов Д.В.¹, Нурисламова Ю.М.¹, Жожикашвили Н.А.¹

¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; ^{1,2} Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; bchernyshev@hse.ru

Когнитивный контроль включает в себя поддержание специфических процессов, связанных со вниманием, и неспецифическую регуляцию моторного порога. Ошибки при выполнении задачи могут быть двух типов: они либо связаны со сбоями внимания и неопределенностью, либо с нарушением моторного порога. Совершение ошибок запускает адаптивные перестройки в мозге, приводя либо к улучшению обработки стимула, либо к повышению моторного порога. Проведено два исследования с использованием слуховой конденсационной задачи, создающей высокую нагрузку на внимание. Анализировали осцилляции ЭЭГ в тета, альфа и бета диапазонах.

Эксперимент 1. Исследовали адаптивные перестройки как следствие совершения ошибок. После ошибок наблюдалось усиление фронтальных тета-осцилляций средней линии (ФТСЛ), а также более существенное подавление альфа осцилляций в теменных и левых центральных областях. Подавление альфа осцилляций в теменной области коррелировало с успешностью выполнения задачи, подавление альфа осцилляций в левой центральной области коррелировало с замедлением времени реакции после совершения ошибок, а усиление ФТСЛ коррелировало с обоими показателями. В реализациях, следующих за ошибками, подавление альфа осцилляций начиналось раньше, и ответ сопровождался более слабой ФТСЛ активностью, а также более значительным подавлением альфа осцилляций, широко распределенным по скальпу. Полученные результаты указывают, что адаптивные перестройки после ошибок реализуются при участии фронто-медиальной сети мониторинга, теменной системы внимания, и сенсомоторной сети.

Эксперимент 2. Исследовали, может ли время реакции служить признаком, позволяющим разделить реакции с низкими и высокими уровнями внимания и неопределенности. Показано, что ФТСЛ, связанная с ошибками, возникала только при быстрых поведенческих ответах. Позднее подавление альфа-осцилляций после ответа было выражено только для медленных правильных ответов. Полученные данные в совокупности указывают, что время реакции позволяет разделить два типа ответов: быстрые связаны с более высоким уровнем внимания и низкой неопределенностью, а медленные – с низким уровнем внимания и высокой неопределенностью.

Исследование осуществлено в рамках программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2017 году.

COGNITIVE CONTROL: NOVEL BRAIN MECHANISMS REVEALED BY TIME-FREQUENCY ANALYSIS OF THE ELECTROENCEPHALOGRAM UNDER EXPERIMENTAL TASKS INVOLVING HIGH ATTENTIONAL LOAD

Chernyshev B.V.^{1,2}, Novikov N.A.¹, Bryzgalov D.V.¹, Nurislamova Y.M.¹, Zhzhikashvili N.A.¹

¹ National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia; ^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; bchernyshev@hse.ru

Cognitive control includes maintenance of task-specific processes related to attention, and non-specific regulation of motor threshold. Generally, two different kinds of errors may occur, with some errors related to attentional lapses and decision uncertainty, and some errors – to failures of sustaining motor threshold. Error commission leads to adaptive adjustments in brain networks that subserve goal-directed behavior, resulting in either enhanced stimulus processing or increased motor threshold depending on the nature of errors committed. We report here two studies using the auditory version of the two-choice condensation task, which is highly demanding for sustained attention while involves no inhibition of prepotent responses. We analyzed power and topography of EEG oscillations in theta, alpha, and beta frequency bands.

Experiment 1. We studied post-error adaptive adjustments resulting in optimized brain processing and behaviour on subsequent trials. Errors were followed by increased frontal midline theta (FMT) activity, as well as by enhanced alpha band suppression in the parietal and the left central regions; parietal alpha suppression correlated with the task performance, left central alpha suppression correlated with the post-error slowing, and FMT increase correlated with both behavioral measures. On post-error correct trials, left-central alpha band suppression started earlier before the response, and the response was followed by weaker FMT activity, as well as by enhanced alpha band suppression distributed over the entire scalp. These findings show the existence of three separate neuronal networks involved in post-error adjustments: the midfrontal performance monitoring network, the parietal attentional network, and the sensorimotor network.

Experiment 2. We studied if response time may be a valid approximation distinguishing trials with high and low levels of sustained attention and decision uncertainty. We found that error-related FMT activity was present only on fast erroneous trials. The feedback-related FMT activity was equally strong on slow erroneous and fast erroneous trials. Late post-response posterior alpha suppression was stronger on erroneous slow trials. Feedback-related frontal beta oscillations were present only on slow correct trials. The data obtained cumulatively suggests

that response time allows distinguishing the two types of trials, with fast trials related to higher levels of attention and low uncertainty, and slow trials related to lower levels of attention and higher uncertainty.

The study was implemented in the framework of The Basic Research Program at the National Research University Higher School of Economics in 2017.

СВЯЗЫВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ПРИ ЦЕЛОСТНОМ ВОСПРИЯТИИ ОБЪЕКТОВ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОСХОДЯЩИХ И НИСХОДЯЩИХ МОЗГОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Чернышева Е.Г.¹, Жожикашвили Н.А.¹, Лазарев И.Е.¹, Сайфулина К.Э.^{1,2}, Брызгалов Д.В.¹, Чернышев Б.В.^{1,2}

¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; ^{1,2} Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; bchernyshev@hse.ru

Связывание признаков играет значительную роль в целостном восприятии, однако мозговые механизмы этого феномена остаются спорными. Исследования с регистрацией негативности рассогласования (НР) показали, что связывание происходит на уровне сенсорных зон коры, в то время как поведенческие эксперименты указывают на более высокий интегративный уровень. Настоящее исследование направлено на проверку гипотезы, что процесс связывания признаков является распределенным и двухуровневым.

Эксперимент 1 сочетал регистрацию НР и поведенческих показателей выполнения задачи. Были использованы два типа девиантных стимулов – «сложные», распознавание которых требовало конъюнкции признаков, и «простые», которые могли быть распознаны по одному признаку. Ответы на сложные стимулы были медленнее и содержали больше ошибок. Только для простых стимулов ошибки были связаны с увеличением времени реакции. Только в ответ на сложные стимулы ошибки были связаны со снижением амплитуды НР. Амплитуда P300 была выше для сложных стимулов. Лишь для простых стимулов наблюдалось снижение амплитуды P300 при ошибках. Таким образом, в пределах одного эксперимента мы наблюдали эффекты, на которых основаны два конкурирующих теоретических подхода. Результаты по НР указывают на то, что нейронная популяция, кодирующая связывание признаков, тесно связана с нейронной популяцией, генерирующей НР. Результаты по P300 и поведенческие результаты указывают на обработку связываемых признаков на более высоких уровнях. Полученные данные указывают, что связывание признаков является распределенным многоуровневым процессом.

Эксперименты 2 и 3 (в слуховой и зрительной модальностях соответственно) были основаны на манипуляциях вниманием. Для слуховых стимулов признаками являлись высота и локализация тонов, для зрительных – ориентация и пространственная частота решеток. НР была выражена лишь в условиях привлечения произвольного внимания к заданной конъюнкции признаков. НР была снижена или отсутствовала в ответ на игнорируемые нецелевые конъюнкции признаков, а также в условиях несфокусированного внимания или межмодального отвлечения внимания. Таким образом, вопреки предыдущим исследованиям НР, мы показали, что раннее предвнимательное связывание признаков происходит только при условии соответствующего нисходящего контроля со стороны системы внимания.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 15-06-10742.

FEATURE BINDING UNDER HOLISTIC OBJECT PERCEPTION: THE INTERPLAY OF BOTTOM-UP AND TOP-DOWN BRAIN MECHANISMS

Chernysheva E.G.¹, Zhzhikashvili N.A.¹, Lazarev I.E.¹, Saifulina K.E.^{1,2}, Bryzgalov D.V.¹, Chernyshev B.V.^{1,2}

¹ National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia; ^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; bchernyshev@hse.ru

Feature binding is believed to be critical for perception, while brain mechanisms of this process are still under debate. Studies measuring mismatch negativity (MMN) demonstrate that binding occurs at a low level of the cortical hierarchy, while behavioral experiments suggest a much higher integrative level. The current study aimed at testing the hypothesis that processing of feature conjunctions is distributed and may involve two different levels.

Experiment 1 combined recording both MMN and behavioral measures. Two types of deviant target stimuli were used – complex stimuli, which required feature conjunctions to be identified, and simple stimuli, which could be identified by a single feature. Responses to complex stimuli were slower and less accurate than responses to simple stimuli. For simple stimuli, errors were associated with increased response time, while there was no such effect for complex stimuli. Errors in response only to complex stimuli – but not to simple stimuli – were associated with decreased MMN amplitude. P300 amplitude was greater for complex stimuli than for simple stimuli. For simple stimuli, P300 amplitude was reduced on erroneous trials. Thus, we replicated within a single experiment the major effects reported in two opposing lines of binding research. Our MMN data hint that the neuronal population encoding feature conjunction is closely associated with (or coincides with) the neuronal population that generates MMN. Our P300 data and behavioral data are compatible with the explanation that higher processing levels receive sensory representations of conjoined features as well as of separate features. Our findings provide resolution to conflicting views concerning the nature of feature binding and support the notion that feature binding is a distributed multi-level process involving bottom-up and top-down interactions.

Experiments 2 and 3 involved attentional manipulation – with target stimuli in the auditory and visual modality respectively. Feature conjunction involved tone pitch and location for auditory modality, and Gabor grating orientation and spatial frequency for visual modality. The basic finding from these two experiment was that that MMN was evident only in conditions of voluntary attention directed to a particular feature conjunction. MMN was reduced or abolished in response to ignored nontarget feature conjunctions, as well as in conditions of non-focused attention and cross-modal distraction of attention. Thus, contrary to previous studies of MMN under feature conjunctions, we found that early preattentive feature conjunctions happen on condition of a corresponding top-down attentional control.

This study was supported by Russian Foundation for Humanities, project No 15-06-10742.