

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ КОГНИТИВНОЙ УСТАНОВКИ (ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

© И.А. Яковенко, М.К. Козлов, Е.А. Черемушкин

ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

Резюме. На 35 здоровых испытуемых исследовали изменения параметров бета-активности коры больших полушарий при различных условиях формирования и действия установки. Условия задавались тремя разными способами: а) в контекст задания дополнительно вводились слова/псевдослова; б) буквенная матрица; в) удлинялся временной интервал между целевым и пусковым стимулами. В результате было показано, что вербальная дополнительная задача приводит к увеличению числа ошибочных опознаний лицевой экспрессии. Удлинение межстимульного интервала между целевым и пусковым стимулами несколько уменьшает количество ошибок опознания. На стадии формирования установки на лицевую экспрессию отмечено достоверное увеличение среднего уровня и латентных периодов (ЛП) максимумов коэффициентов вейвлет-преобразования (КВП) бета-ритма в серии экспериментов с удлинением межстимульного интервала относительно серий с дополнительными заданиями. Стадия тестирования установки характеризовалась как увеличением значений среднего уровня, так и максимумов КВП бета-диапазона, а также их ЛП в сериях экспериментов со зрительно-пространственным и вербальным дополнительными заданиями по сравнению со значениями в сериях без дополнений. Введение дополнительных заданий при формировании установки может использоваться для выявления детей с признаками незрелости фронто-таламической и стволовой активирующих систем головного мозга и более содержательного их диагностирования.

Ключевые слова: когнитивная установка; восприятие лицевой экспрессии; ЭЭГ; бета-ритм; вейвлет-преобразование.

Когнитивная установка относится к разряду неосознаваемых явлений, влияющих на сознательную деятельность человека. Она является основной реакцией на влияние среды, где человеку приходится ставить и решать разнообразные задачи. Было показано, что установка вырабатывается на различные стимулы и приводит к ошибочному распознаванию предъявленного материала. Исследована установка на слова/псевдослова, геометрические фигуры и на иллюзию восприятия [9, 10, 11]. В последнее время проводятся работы по исследованию опознания лицевой экспрессии, поскольку это играет важную роль в социальном поведении [2, 12]. Здесь также возможно формирование установки, но этот стимул более сложный. При этом возникает вопрос, что может повлиять на формирование когнитивной установки. Какие процессы могут мешать этому, а какие поспособствовать? Изучение биоэлектрической активности мозга помогает понять психофизиологические основы когнитивной установки. Было показано, что разные стадии установки (формирование, актуализация) характеризуются изменениями в тета-, альфа- и бета-диапазонах [5, 8]. Традиционно альфа-ритм связывают с функционированием таламо-кортикальной корково-подкорковой системы, а тета — с кортико-гиппокампальной. Бета-ритм до недавнего времени считался корковым. В последнее время появились работы, показавшие, что бета-ритм может быть связан с активностью гиппокампа, неспецифических ядер таламуса, базальных ганглиев и обонятельной луковицы [13, 14, 16, 20].

На основании этих данных выдвигается гипотеза об участии и взаимодействии таламо-кортикальной и кортико-гиппокампальной систем в мозговом процессе, обеспечивающем формирование и действие когнитивной установки. В нашей работе высказано предположение о том, что формирование установки на лицевую экспрессию может быть связано с высокими синхронизирующими влияниями таламо-кортикальной системы и низкими кортико-гиппокампальной [12]. В задачу данного исследования входило изучение параметров бета-активности коры больших полушарий при различных условиях формирования и действия установки. Условия задавались тремя разными способами: а) в контекст задания дополнительно вводились слова/псевдослова; б) буквенная матрица; в) удлинялся временной интервал между целевым и пусковым стимулами.

МЕТОДИКА

В исследованиях использовалась методика фиксации психофизиологической установки [7]. Она состоит из двух стадий. Сначала испытуемому неоднократно предъявляются одновременно два объекта, различающихся в каком-то одном отношении. В данных исследованиях это фотографии человека с разной лицевой экспрессией. У испытуемого на неосознаваемом уровне фиксируется установка на восприятие лиц, а именно — между предъявляемыми лицами должна быть разница. При этом испытуемый должен правильно определять лицевую экспрессию. На второй стадии (тестирования установки) одновременно

предъявляются одинаковые объекты, в нашем случае — лица с одинаковым эмоциональным выражением. Испытуемый в том или ином числе проб оценивает одинаковые лица как различающиеся. По числу ошибок судят об устойчивости фиксированной установки или, с другой стороны, о способности тестируемого к переключению с одной установки на другую (пластичность установки). В нашем случае — это установка на то, что предъявляемые объекты одинаковые. Показана зависимость пластичности зрительных неосознаваемых установок от функции рабочей памяти, то есть от объема оперативной информации, которую необходимо удерживать в течение короткого времени для решения ряда задач [1], а также от колебаний внимания [6]. В ряде онтогенетических исследований показана связь пластичности неосознаваемых установок с ЭЭГ-признаками незрелости фронто-таламической и стволовой активирующих систем головного мозга [3, 4].

Испытуемые. В каждой серии опытов принимали участие по 35 взрослых испытуемых: без нагрузки на рабочую память (контроль) — 20 женщин и 15 мужчин (возраст $25,1 \pm 1,3$ лет), с вербальной нагрузкой — 16 и 19 ($21,9 \pm 0,7$ год), с нагрузкой в виде распознавания целевой буквы в матрице — 17 и 18 ($22,6 \pm 0,6$ года), с нагрузкой в виде удлинения интервала времени между целевым (лица) и пусковым стимулами — 16 и 19 ($25,2 \pm 0,8$ лет). Все испытуемые (студенты, аспиранты, научные работники) — практически здоровые люди с нормальным или скорректированным зрением, никогда ранее не принимавшие участие в опытах с психофизиологической установкой. Все дали письменное согласие на участие в электрофизиологическом тестировании.

Стимулы. Во всех сериях предъявляли одновременно две фотографии из атласа эмоций [15]. На стадии формирования установки 15 раз в центре экрана монитора предъявляли слева «сердитое» лицо, справа «нейтральное», на стадии тестирования установки — 30 раз предъявляли два «нейтральных» лица. Размер каждого кадра был 60×40 мм, расстояние до экрана — 70 см, время экспонирования — 350 мс. Тестируемый должен был определить, одинаковые выражения лиц были на фотографии или одно из них (левое или правое), было более неприятно, чем другое, и запомнить это решение. В контрольной серии через 1 с появлялся так называемый пробный пусковой стимул (стимул, не связанный с основной задачей — распознавание эмоционального выражения лиц) — зеленый круг 3 мм, длительность свечения — 2 с. В ответ на его появление тестируемый должен был нажать на кнопку джойстика и после этого сказать: «одинаковые», «слева» или «справа» — в зависимости

от того, как он оценил лицевую экспрессию. В опытах с нагрузкой в виде чтения и запоминания слова и определения места целевой буквы в матрице через 1 с предъявляли соответственно слово и матрицу (время предъявления 350 мс) и еще через 1 с после этого стимула — упомянутый пусковой стимул. Соответственно после нажатия и оценки лицевой экспрессии тестируемый должен был сказать, какое слово он запомнил или в каком месте матрицы находится целевая буква. В серии с нагрузкой в виде увеличения паузы между лицами и пусковым стимулом соответственно до 8 с увеличивался промежуток времени между основным (лица) и пусковым стимулами. Время между угашением зеленого круга и предъявлением нового основного составляло 4–7 с и варьировалось в случайном порядке.

Аппаратура и анализ данных. Управление экспериментом, регистрация времени реакции на пробный стимул и ЭЭГ осуществляли с помощью IBM PC «Pentium IV». Словесные реакции тестируемого из затемненного, звукоизолированного и экранированного помещения передавались через динамик в комнату экспериментатора и фиксировались в протоколе.

Отведение, усиление и фильтрацию ЭЭГ проводили с помощью системы Neocortex-Pro («Neurobotics», Россия). Частота дискретизации — 1000 Гц. Полоса пропускания частот: 0,5–30 Гц. ЭЭГ регистрировали с помощью хлорсеребряных электродов («Micromed», Венгрия) с сопротивлением, не превышающим 5 кОм. Электрическую активность с поверхности головы отводили с помощью 20 электродов, расположенных в соответствии с международной схемой 10–20% с дополнительными отведениями (F3, F4, F7, F8, Fz, FT7, FT8, C3, C4, Cz, FC3, FC4, T3, T4, P3, P4, T5, T6, O1, O2). Отведение ЭЭГ — монополярное, референтный электрод — объединенный ушной. ЭЭГ регистрировали при спокойном бодрствовании с открытыми глазами перед опытом и на стадиях формирования и тестирования установки.

Исследовали отрезки ЭЭГ длиной 1 с: 1 — до предъявления целевого стимула (фотографии лиц) и 1 с после. Для всех отрезков вычисляли непрерывное вейвлет-преобразование на основе «материнского» комплексного Morlet-вейвлета в диапазоне 1–30 Гц. Анализировали карты распределений модуля коэффициента вейвлет-преобразования (КВП), отображающие амплитуду потенциалов. Карты строили в полосе 1–30 Гц с шагом 1 Гц с разрешением по времени 1 мс. Для каждого испытуемого значения КВП усредняли по стадиям опыта: при формировании и тестировании установки. Далее выделяли частотный домен

бета-диапазона (14–25 Гц) и проводили усреднение внутри него по частоте. Определяли предстимульное и постстимульное средние значения КВП и вычисляли их разность. Также определяли величину максимума реакции на целевой стимул и его латентный период (ЛП).

По вычисленным таким образом максимумам, латентным периодам и средним значениям между парами серий опытов проводили одномерный дисперсионный анализ. Внутри каждой серии анализировали изменения между стадиями установки (ANOVA, метод повторных измерений). В качестве межгруппового рассматривали фактор стадия установки (2 уровня — формирование и тестирование). Для оценки различий в пластичности фиксируемых установок при разных нагрузках на рабочую память судили по среднему числу ошибочных распознаваний лицевой экспрессии на стадии тестирования и использовали при этом критерий Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сочетание зрительной когнитивной установки с разными видами когнитивных задач и удлинение паузы между установочным и пусковым стимулами повлияло на ее формирование и пластичность. По сравнению с контрольной серией опытов число испытуемых без ошибок восприятия лицевой экспрессии уменьшилось, а среднее число проб с ошибочным опознанием эмоционального выражения лица на стадии тестирования увеличилось в обеих сериях с дополнительным заданием. Удлинение

паузы между целевым и пусковым стимулами существенно не изменило эти показатели (рис. 1).

Для оценки биоэлектрической активности мозга человека нами были использованы две основные характеристики, полученные на основе вейвлет-преобразования: средний уровень КВП бета-ритма, который отражает продолжительную по времени реакцию с невысокой, как правило, амплитудой и максимумы реакции КВП бета-ритма, которые характеризуют относительно краткосрочные и высокоамплитудные реакции. Нами также оценивались ЛП этих максимумов.

Стадия формирования установки является ключевой в процессе функционирования неосознаваемого длительного процесса установки. Именно здесь либо формируется, либо нет это внутреннее состояние. Показано, что на стадии формирования установки изменение постстимульного *среднего уровня КВП бета-диапазона* по отношению к предстимульному различается между контролем и обеими сериями с дополнительным заданием ($F=8,1$, $p<0,006$; $F=43,8$, $p<0,0001$ — соответственно с матрицей и словами), между серией с матрицей и сериями с вербальным дополнительным заданием и с удлинением паузы ($F=15,4$, $p<0,001$, $F=7,5$, $p<0,008$), а также между серией со словами и серией с удлинением паузы ($F=50,9$, $p<0,0001$), (рис. 2, А). Абсолютные величины постстимульного среднего уровня КВП бета-ритма при этом различаются между серией с удлинением паузы и остальными тремя ($F=11,7$, $p<0,0012$; $F=8,6$, $p<0,005$, $F=14,3$, $p<0,001$ — контроль, матрица и слова), (рис. 2, Б)

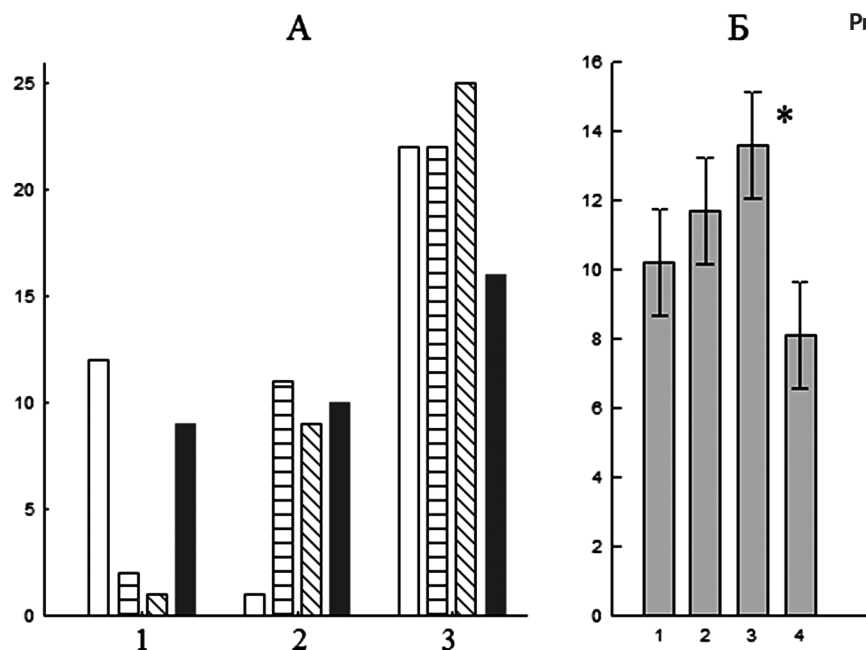


Рис. 1. Влияние когнитивной установки на восприятие эмоционального выражения лица при разных нагрузках на рабочую память:

А — распределение испытуемых. По вертикали — число испытуемых, по горизонтали: 1 — испытуемые без ошибок восприятия, 2 — с пластичной установкой (1–5 ошибок при тестировании установки), 3 — с ригидной (6–30 ошибок). Белые столбики — контроль (без нагрузки), с горизонтальной штриховкой — нагрузка в виде зрительно-пространственной задачи (поиск целевой буквы в матрице) 3 — вербального задания (запоминание слова/псевдослова), 4 — удлинения паузы между целевым и пусковым стимулами до 8 с. Б — среднее количество ошибок. По вертикали — среднее число ошибок; по горизонтали: 1 — контроль, 2 — нагрузка матрица, 3 — слово/псевдослова, 4 — удлинения. Приведена ошибка среднего. «*» — $p<0,05$

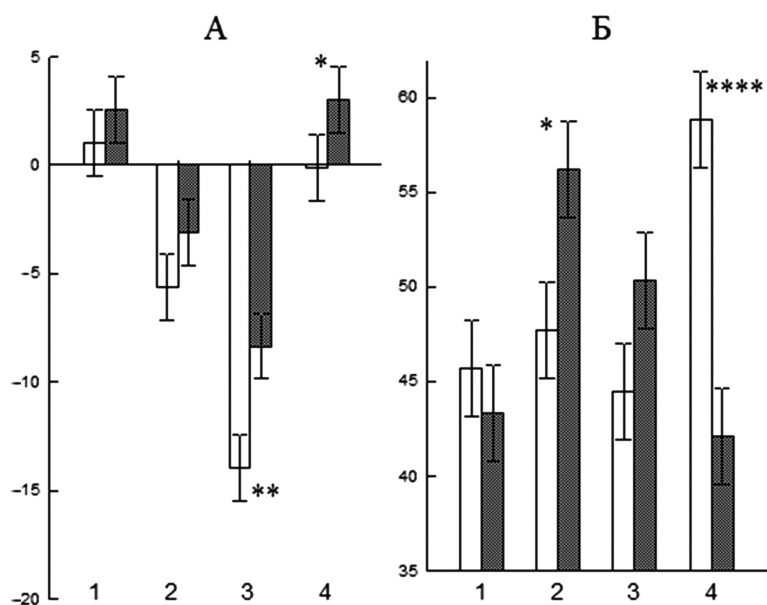


Рис. 2. Параметры среднего уровня коэффицента вейвлет-преобразования (КВП) бета-диапазона ЭЭГ при исследовании когнитивной установки в сериях опытов с нагрузкой на рабочую память:

А — изменение среднего уровня после предъявления целевого (два лица одновременно) стимула по отношению к предстимульной эпохе; Б — средний уровень после предъявления, эпоха анализа 1 с. По вертикали — КВП, усл. ед. Белые столбцы — формирование установки, штрихованные — тестирование ее эффекта; ** — $p < 0,01$, **** — $p < 0,0001$. Остальные обозначения как на рис. 1, Б

Исследование максимумов КВП бета-ритма не выявило различий данного параметра на стадии формирования установки во всех четырех сериях экспериментов. При этом оказались информативными ЛП этих максимумов. Наименьшие значения ЛП отмечены в серии без дополнительной нагрузки (328 мс), средние — в серии с матрицей (359 мс), большие — в серии опытов со словами (370 мс), наибольшие — в серии с удлинением межстимульного интервала (428 мс), (рис. 3, Б). Выявлены достоверные различия ЛП максимумов КВП бета-ритма между сериями с длительным межстимульным интервалом и всеми остальными: серией без дополнительного задания ($F=17,8$, $p < 0,0001$), серией со зрительно-пространственной задачей ($F=6,8$, $p < 0,011$) и серией с вербальным заданием ($F=5,2$, $p < 0,026$). Также обнаружены различия по этому показателю между контролем и опытами с дополнительным вербальным заданием ($F=4,1$; $p < 0,046$).

Таким образом, на стадии формирования установки на эмоциональное выражение лица информативными оказались показатели среднего уровня и ЛП максимумов КВП бета-диапазона.

На стадии тестирования установки изменение постстимульного среднего уровня КВП бета-диапазона по отношению к предстимульному также различается между контролем и обеими сериями с дополнительным заданием ($F=4,8$, $p < 0,032$; $F=23,0$, $p < 0,001$ — соответственно с матрицей и словами),

между серией с матрицей и сериями с вербальным дополнительным заданием и с удлинением паузы ($F=4,9$, $p < 0,03$, $F=8,7$, $p < 0,0043$), а также между серией со словами и серией с удлинением паузы ($F=45,8$, $p < 0,0001$), (рис 2, А). Средние значения постстимульных КВП различаются по сериям практически также, как и предыдущий показатель. Показаны различия между контролем и сериями с дополнительным заданием ($F=11,3$, $p < 0,0013$ и $F=4,1$, $p < 0,048$ — матрица и слова соответственно), между опытами с удлинением паузы и опытами с матрицей и словами ($F=14,3$, $p < 0,001$ и $F=6,0$, $p < 0,017$ — соответственно), (рис. 2, Б).

Изучение максимумов КВП бета-ритма выявило, что этот показатель на стадии тестирования различается по сериям экспериментов. Максимумы постстимульной реакции на этой стадии установки различаются между контролем и серией с дополнительным заданием в виде матрицы ($F=6,8$, $p < 0,011$), а также между серией с длительной паузой и обеими сериями с дополнительной задачей ($F=11,6$, $p < 0,0012$ и $F=6,7$, $p < 0,012$ — матрица и слова соответственно), (рис. 3, А). ЛП максимумов при этом различаются только между контролем и серией со словами ($F=5,1$, $p < 0,027$), (рис. 3, Б).

Стадия тестирования установки характеризовалась изменениями всех трех изучаемых показателей. Отмечены высокие значения среднего уровня КВП бета-диапазона, максимумов и их ЛП в сериях

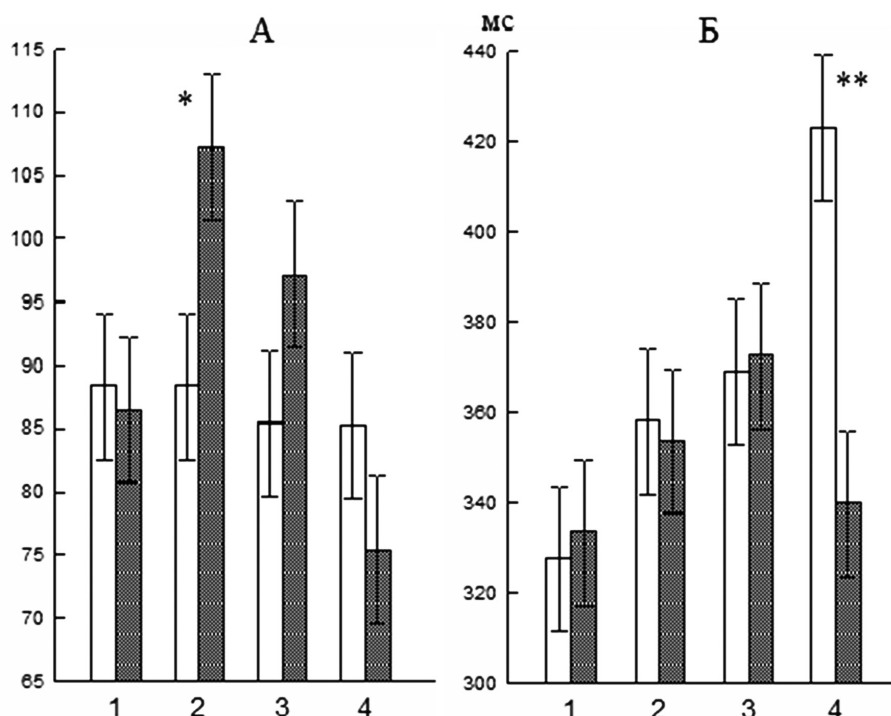


Рис. 3. Параметры максимума реакции на целевой стимул ЭЭГ бета-диапазона при исследовании когнитивной установки в сериях опытов с нагрузкой на рабочую память:

А — максимум реакции, Б — латентный период максимума, эпоха анализа 1 с. Обозначения как на рисунках 1, Б и 2

с дополнительными заданиями по сравнению с сериями без нагрузки.

Выявлены достоверные изменения показателей в зависимости от стадии эксперимента. Показано, что относительные величины среднего уровня КВП бета-диапазона отличаются в эксперименте с вербальным заданием ($p < 0,01$) и с длительным межстимульным интервалом ($p < 0,05$), (рис. 2, А). Абсолютные величины среднего уровня в зависимости от стадии эксперимента различаются в сериях со зрительно-пространственной задачей, где значения бета-ритма выше на стадии тестирования ($p < 0,05$), и с большим межстимульным интервалом ($p < 0,0001$) здесь величины бета-ритма больше на стадии формирования установки (рис. 2, Б). Максимумы достоверно отличаются только в серии со зрительно-пространственной нагрузкой на стадии тестирования установки значения бета-ритма больше, чем на стадии формирования ($p < 0,05$), (рис. 3, А). ЛП максимумов КВП — в серии с большим межстимульным интервалом: ЛП длиннее на стадии формирования по сравнению со стадией тестирования ($p < 0,01$), (рис. 3, Б).

Таким образом, показано, что формирование и действие установки на эмоциональное выражение лица по-разному проявляется в зависимости от типа дополнительного задания, и отражается в изменениях регистрируемой биоэлектрической активности

мозга испытуемых. Вклад бета-ритма изменяется в зависимости от типа дополнительного задания.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Введение на стадиях формирования и тестирования установки на лицевую экспрессию зрительно-пространственной и вербальной дополнительных задач показало их различное влияние на когнитивную установку. Больше всего ошибочных опознаний лицевой эмоции отмечено при дополнительном вербальном задании, меньше всего — при простом удлинении межстимульного интервала. Дополнительное вербальное задание представляло собой экспериментальную ситуацию по выработке установки на слова: вначале предлагались псевдослова, а затем, в тестирующей стадии, — слова. Тем самым мы имели две ситуации выработки установки, встроенные одна в другую. Можно предположить, что они усиливают друг друга, приводя к увеличению ошибочных распознаваний лицевой экспрессии. Удлинение межстимульного интервала привело к уменьшению числа ошибок, вероятно, потому, что у испытуемого появилось достаточно времени для осмысления и оценки увиденного.

Изучение биоэлектрических показателей коры больших полушарий на разных стадиях установки, а именно: на стадии формирования и тестирования, оказалось информативным. На стадии

формирования установки на эмоциональное выражение лица значения среднего уровня КВП бета-диапазона в сериях без дополнительного задания и с заданиями достоверно не отличались. В серии экспериментов с удлинением межстимульной паузы отмечено достоверное увеличение бета-ритма по отношению к его значениям в остальных сериях. В этой же серии самые большие ЛП максимумов КВП бета-ритма. При этом здесь зафиксировано самое маленькое число ошибочных опознаний. В нашей предыдущей работе [13] высказано предположение о том, что высокие мощностные характеристики бета-ритма создают условия для правильного опознания, средние — способствуют формированию ригидной установки, а низкие — быстрому разрушению сформировавшейся установки. Вновь полученный факт в определенной мере согласуется с вышеописанным предположением.

Стадия тестирования установки характеризовалась увеличением значений среднего уровня и максимумов КВП бета-диапазона, а также их ЛП в сериях экспериментов со зрительно-пространственным и вербальным дополнительными заданиями по отношению к значениям в сериях без дополнений. В этих двух сериях экспериментов отмечено самое большое число ошибочных опознаний лицевой экспрессии. При этом наибольшие величины как среднего уровня, так и максимумов КВП бета-диапазона наблюдались в серии экспериментов со зрительно-пространственной дополнительной задачей. Число ошибок в этой серии несколько меньше, чем в серии с вербальным заданием. Можно предположить, что два разнородных задания требуют большей концентрации внимания, чем однородные. Это согласуется с общеизвестными фактами об увеличении вклада бета-ритма при решении задач с привлечением внимания [17].

В работах [11, 12], в которых изучалась постстимульная корковая активность в тета- и альфа-диапазонах, выдвинуто предположение о роли кортико-гиппокампальной и таламо-кортикальной систем в формировании и актуализации установки. Известно, что механизмы бета- и гамма-колебаний (20–80 Гц) могут определяться свойствами не только нейронов коры, но и таламуса, а также внутрикорковыми и таламо-кортикальными взаимодействиями [18, 19]. Существуют данные о генерации бета-ритма в гиппокампе (в области CA1) в диапазоне 15–20 Гц [14]. Описаны эксперименты, в которых длящаяся установка связывается с увеличением бета-ритма [16]. Нами [12] было показано преобладание альфа-ритма у испытуемых с ригидной установкой (с большим числом ошибок) и выдвигалось

предположение об участии таламо-кортикальной системы при действии установки. Также было показано, что испытуемые с малым количеством ошибок характеризуются большими показателями тета-ритма, который связан с функционированием кортико-гиппокампальной системы. Исходя из этого, можно предположить, что на стадии формирования установки в серии экспериментов с удлинением межстимульной паузы, где наблюдался значительный рост среднего уровня КВП бета-диапазона и ЛП максимумов, и наблюдалось меньше всего ошибок, преобладает влияние кортико-гиппокампальной системы. На стадии тестирования установки в сериях экспериментов с дополнительными заданиями, где отмечено наибольшее число ошибок, возможно преимущественное участие таламо-кортикальной системы.

Таким образом, показано различное влияние дополнительных заданий на течение когнитивной установки на эмоциональное выражение лица. Высказано предположение о различном участии таламо-кортикальной и кортико-гиппокампальной корково-подкорковых систем в формировании и действии установки. Данная работа закладывает основы для использования методического приема с формированием установки при нагрузках на рабочую память в онтогенетических исследованиях, в частности, для выявления детей с признаками незрелости фронто-таламической и стволовой активирующих систем головного мозга и более содержательного их диагностирования.

ВЫВОДЫ

1. Вербальная дополнительная задача приводит к увеличению числа ошибочных опознаний лицевой экспрессии. Удлинение межстимульного интервала между целевым и пусковым стимулами уменьшает количество ошибок опознания.
2. На стадии формирования установки на лицевую экспрессию отмечены достоверное увеличение среднего уровня КВП бета-ритма, а также наибольшие ЛП максимумов КВП бета-ритма в серии экспериментов с удлинением межстимульного интервала по отношению к значениям в сериях с вербальным и зрительно-пространственным дополнительными заданиями. Стадия тестирования установки характеризовалась увеличением значений среднего уровня, максимумов КВП бета-диапазона и их ЛП в сериях экспериментов со зрительно-пространственным и вербальным дополнительными заданиями по отношению к значениям в сериях без дополнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костандов Э.А. Влияние контекста на пластичность когнитивной деятельности // Физиология человека. — 2010. — Т. 36 (5). — С. 19–28.
2. Костандов Э.А., Курова Н.С., Черемушкин Е.А., Яковенко И.А., Петренко Н.Е., Ашкинази М.Л. Установка как регулирующий фактор в функции опознания эмоционального выражения лица // Журн. высш. нерв. деят. — 2006. — Т. 56 (5). — С. 581–589.
3. Костандов Э.А., Фарбер Д.А., Мачинская Р.И., Черемушкин Е.А., Петренко Н.Е., Ашкинази М.Л. Зрительная установка и функция переключения внимания у детей 8-летнего возраста с ЭЭГ признаками незрелости фронто-таламической и стволовой активирующих систем головного мозга // Журн. высш. нерв. деят. — 2009. — Т. 59 (4). — С. 402–410.
4. Костандов Э.А., Фарбер Д.А., Петренко Н.Е., Черемушкин Е.А. Развитие функций опознания изображения сердитого лица у детей в возрасте от 5 до 11 лет // Физиология человека — 2012. — Т. 38 (6). — С. 5–14.
5. Костандов Э.А., Черемушкин Е.А. Вызванная реакция синхронизации/десинхронизации корковой электрической активности тета- и альфа-диапазонов на изображение лица при увеличении нагрузки на рабочую память // Журн. высш. нерв. деят. — 2010. — Т. 60 (6). — С. 718–729.
6. Костандов Э.А., Черемушкин Е.А. Изменения низко- и высокочастотных колебаний альфа-диапазона ЭЭГ в интервалах между значимыми зрительными стимулами // Физиология человека. — 2013. — Т. 39 (4). — С. 5–12.
7. Узнадзе Д.Н. Теория установки. — М: URSS, 1997. — 448 с.
8. Яковенко И.А., Козлов М.К., Черемушкин Е.А. Изменения вызванного бета-ритма в коре больших полушарий при формировании установки на эмоциональное выражение лица в условиях нагрузки на рабочую память // Журн. высш. нерв. деят. — 2012. — Т. 62 (3). — С. 302–310.
9. Яковенко И.А., Черемушкин Е.А. Соотношение двух типов пространственно-временной организации потенциалов коры головного мозга человека при формировании и действии установки на зрительный невербальный стимул // Журн. высш. нерв. деят. — 2000. — Т. 50 (6). — С. 913–919.
10. Яковенко И.А., Черемушкин Е.А. Изменение двух типов пространственно-временной организации потенциалов коры больших полушарий мозга человека на разных стадиях установки, образующейся при иллюзорном восприятии длины (иллюзия Мюллера-Лайера) // Журн. высш. нерв. деят. — 2002. — Т. 52 (1). — С. 104–108.
11. Яковенко И.А., Черемушкин Е.А. Межполушарная асимметрия пространственно-временной организации потенциалов коры головного мозга человека при разных условиях формирования вербальной установки // Журн. высш. нерв. деят. — 2004. — Т. 54 (2). — С. 216–24.
12. Яковенко И.А., Черемушкин Е.А., Козлов М.К. Анализ вызванной электрической активности коры головного мозга с помощью вейвлет-преобразования на разных стадиях установки на эмоциональное выражение лица // Журн. высш. нерв. деят. — 2010. — Т. 60 (4). — С. 409–418.
13. Яковенко И.А., Черемушкин Е.А., Козлов М.К. Изменения вызванного бета-ритма при выработке установки на эмоциональное выражение лица в условиях удлинения временного интервала между целевым и пусковым стимулами // Журн. высш. нерв. деят. — 2013. — Т. 63 (4). — С. 1–10.
14. Bibbig A., Middleton S., Racca C., Gillies M.J., Garner H., LeBeau F.E., Davies C., Whittington M.A. Beta rhythm (15–20 Hz) generated by nonreciprocal communication in hippocampus // J. Neurophysiol. — 2007. — Vol. 97. — P. 2812–2823.
15. Ekman P., Friesen W.V. Pictures of Facial Affect. — Palo Alto (CA): Consult Psychol. Press. — 1976. — 250 p.
16. Engel A.K., Fries P. Beta-band oscillations – signaling the status quo? // Cur. Opin. Neurobiol. — 2010. — Vol. 20. — P. 156–165.
17. Harrel A.V., Allan A.M. Improvements in hippocampal-dependent learning and decremental attention in 5-HT (3) receptor overexpressing mice // Learn. Mem. — 2003. — Vol. 10. — P. 410–419.
18. Linas R.R., Grace A.A., Yaron Y. In vitro neurons in mammalian cortical layer 4 exhibit intrinsic oscillatory activity in the 10-to 50 – Hz frequency range // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 1991. — Vol. 88. — P. 897–901.
19. Steriade M. Grouping of brain rhythms in cortico-thalamic systems // Neuroscience. — 2006. — Vol. 137. — P. 1087–1106.
20. Uhlhaas P.J., Haenschel C., Nicolic, Singer W. The role of oscillations and synchrony in cortical networks and their putative relevance for the pathophysiology of schizophrenia // Scizophr. Bull. — 2008. — Vol. 34 (5). — P. 927–943.

INFLUENCE OF ADDITIONAL TASKS ON FORMING COGNITIVE SET (ELECTROENCEPHALOGRAPHIC INVESTIGATION)

Yakovenko I.A., Kozlov M.K., Cheremushkin Ye.A.

◆ **Resume.** Beta-rhythm parameters were investigated during different conditions of forming cognitive set to emotional facial expression. Formation of visual set to facial emotion recognition was supplemented with three types of additional tasks: a) verbal – to tell word from a pseudoword; b) visuospatial – to find

a target stimulus among other; c) extending the interstimuli time up to 8 sec between the target (facial image) and starting (spot light) stimuli. Formation of visual set was characterized increase mean level and latency maximum of wavelet coefficient (WLC) beta-rhythm in experiment with extending the interstimuli time. The mean level, maximum and latency maximum of wavelet coefficient (WLC) beta-rhythm increased during the tasting stage of set with verbal and visuospatial additional tasks. This experimental paradigm could use for revelation children with unripeness fronto-thalamic and trunk cortico-subcortical activation systems.

◆ **Key words:** cognitive set; facial expression perception; EEG; beta-rhythm; wavelet transform.

◆ Информация об авторах

Яковенко Ирина Анатольевна — канд. биол. наук, старший научный сотрудник, лаборатория нейрофизиологии когнитивных процессов. ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. 117485, Москва, ул. Бутлерова, д. 5а. E-mail: irinayakovenko@mail.ru.

Черемушкин Евгений Алексеевич — канд. биол. наук, старший научный сотрудник, лаборатория нейрофизиологии когнитивных процессов. ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. 117485, Москва, ул. Бутлерова, д. 5а. E-mail: khton@mail.ru.

Козлов Михаил Кириллович — старший инженер, лаборатория нейрофизиологии когнитивных процессов. ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. 117485, Москва, ул. Бутлерова, д. 5а. E-mail: MKKozlov@tochka.ru.

Yakovenko Irina Anatolyevna — PhD, Senior researcher Laboratory Neurophysiology of Cognitive Processes. Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS (IHNA & NPh RAS). 5a, Butlerova St., Moscow, 117485, Russia. E-mail: irinayakovenko@mail.ru.

Cheremushkin Yevgeniy Alekseyevich — PhD, Senior researcher Laboratory Neurophysiology of Cognitive Processes. Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS (IHNA & NPh RAS). 5a, Butlerova St., Moscow, 117485, Russia. E-mail: khton@mail.ru.

Kozlov Mikhail Kirillovich — Senior engineer, Laboratory Neurophysiology of Cognitive Processes. Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS (IHNA & NPh RAS). 5a, Butlerova St., Moscow, 117485, Russia. E-mail: MKKozlov@tochka.ru.