

Н. В. Дроздова, А. П. Лобанов
Республиканский институт высшей школы, Минск

N. Drozdova, A. Lobanov
National Institute of the Higher Education, Minsk

УДК 159.9

МЕНТАЛЬНЫЕ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ И КОГНИТИВНОЕ НАУЧЕНИЕ

MENTAL REPRESENTATION AND COGNITIVE LEARNING

В статье представлены результаты экспериментального исследования ментальных репрезентаций как носителей индивидуального вербального интеллекта в парадигме ментального опыта. В результате анализа данных айтрекинга, а также спектрального, когерентного и амплитудного анализа установлены различия в окуломоторной и биоэлектрической активности областей головного мозга на уровне ЭЭГ покоя и при выполнении тестовых заданий между группами респондентов с конкретным и абстрактным вербальным интеллектом, выполняющими задания с характерной/нехарактерной инструкцией. Установлены различия между группами испытуемых в зависимости от характера их ментальных репрезентаций и конкретизирована эффективность когнитивного научения посредством характерного и нехарактерного для них способа группировки.

Ключевые слова: вербальный интеллект; окуломоторная активность; электрофизиологические корреляты; научение; айтрекинг; электроэнцефалограмма (ЭЭГ).

The paper presents the results of an experimental study of mental representations as carriers of individual verbal intelligence in the paradigm of mental experience. As a result of the analysis of itracking data, as well as spectral, coherent and amplitude analysis, differences in the oculomotor and bioelectric activity of brain regions at the level of EEG resting and when performing test tasks between groups of respondents with specific and abstract verbal intelligence performing tasks with characteristic/uncharacteristic instruction were established. Differences were established between groups of subjects depending on the nature of their mental representations and the effectiveness of cognitive learning was specified through a characteristic and uncharacteristic method of grouping.

Keywords: verbal intelligence; oculomotor activity; electrophysiological correlates; learning; itracking; electroencephalogram (EEG).

Достижения цифровой экономики и цифрового общества базируются на исследованиях естественного интеллекта и его способности к переработке информации, воспроизводимых при помощи технологий виртуальной реальности. Окуломоторная активность как один из связанных с обнаружением преобразованием и использованием зрительной информации компонент психических процессов привлекает пристальное внимание специалистов в области психологии, психофизики, психофизиологии и нейропсихологии. Айтрекер позволяет фиксировать не только непосредственно воспринимаемые, но и латентные, свернутые и ультракратковременные, и, как правило,

неосознаваемые психические процессы, состояния и свойства личности [1; 2].

Обращение психологов к теории и практике электроэнцефалографии (ЭЭГ) позволяет проверить научные предположения Г. Ю. Айзенка [3; 4]. ЭЭГ-показатели можно рассматривать как нейрофизиологические корреляты умственной деятельности, фиксируя пространственную локализацию и интенсивность биоэлектрической активности коры больших полушарий.

Отличительной особенностью данного исследования нейрофизиологических коррелятов интеллекта является то, что вербальный интеллект рассматривается в парадигме индивидуального ментального опыта. Согласно авторской теории двухфакторного вербального интеллекта, он представляет собой способность к аналитико-синтетической умственной активности, функционирующей в сложно-структурированном ассоциативно-категориальном континууме ментальных репрезентаций [5–8].

Цель нашего исследования заключается в изучении эффективности когнитивного научения испытуемых в зависимости от доминирования у них конкретного или абстрактного вербального интеллекта. Соответственно, в ходе исследования мы решали следующие задачи: выявить группы респондентов, исходя из соотношения показателей двух видов вербального интеллекта; сравнить эффективность когнитивного научения разных групп испытуемых в зависимости от характера предъявляемой инструкции; соотнести показатели айтрекера, ЭЭГ и психодиагностической методики.

Методы исследования

В качестве инструментария была использована авторская методика «Ведущий способ группировки» (ВСГ). Методика разработана на основе известных экспериментов А. Кориата и Р. Мелкмана. Оригинальность методики заключается в стимульном материале, который позволяет смоделировать реальную интеллектуальную деятельность. Испытуемые произвольно группируют слова в триады. Стимульный материал предполагает два альтернативных способа их группировки: в ассоциативные (Египет – Нил – фараон) или понятийные (фараон – царь – император) триады. Наличие ассоциативных триад позволяет диагностировать конкретный вербальный интеллект (совокупность тематических репрезентаций и ассоциативных способностей), понятийных триад – абстрактный вербальный интеллект (совокупность категориальных репрезентаций и когнитивных способностей).

В результате пилотажного исследования были подобраны четыре группы респондентов: две группы с абстрактным (испытуемые, у которых сумма понятийных триад превышает количество ассоциативных группировок) и две группы с конкретным интеллектом (испытуемые с доминированием ассоциативных группировок) [7].

Основной этап эксперимента. Он проведен на выборке в количестве 40 человек. В исследовании использована сложная экспериментальная схема 2×2 , где в качестве независимых переменных выступили «характер инструкции» и «ведущий способ группировки». Респонденты заранее были

распределены по четырем группам: 1) с понятийным способом группировки и характерной для них инструкцией (SP_{χ}) – 10 респондентов; 2) с понятийным способом группировки и нехарактерной инструкцией (SP_{η}) – 10 респондентов; 3) с ассоциативным способом группировки и характерной инструкцией (SAs_{χ}) – 12 респондентов; 4) с ассоциативным способом группировки и нехарактерной инструкцией (SAs_{η}) – 8 респондентов.

Для оценки визуального восприятия стимульного материала использовалось бинокулярное оборудование «Pupil labs eye tracking» (немецкого производства), предназначенное для научных исследований. Для создания протокола и последующего предъявления материала применялось программное обеспечение того же производителя.

Исследование также было проведено на электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр-4/ВППМ» с базовым программным обеспечением и согласно международной схеме 10–20. Названная выше схема, как известно, основана на взаимосвязи между расположением электродов (отведением) и соответствующей областью коры головного мозга (ГМ). Компьютерная обработка осуществлялась в режиме когерентного, спектрального и периодического (амплитудно-интервального) анализа. Тем самым на основе сравнения количественных и пространственных изменений регистрируемых данных отслеживались тенденции изменения БЭА на различных участках записи в разных обследуемых группах.

Запись электроэнцефалограммы (ЭЭГ) каждого испытуемого была проведена дважды: первая с использованием уже знакомого стимульного материала для адаптации обследуемого и наладки аппаратуры, вторая запись с использованием незнакомого стимульного материала. Тем самым два раза были зафиксированы записи фоновой ЭЭГ покоя с закрытыми глазами (3 мин), ЭЭГ бодрствования с открытыми глазами при прослушивании инструкций и при прохождении теста, при наличии ошибок в момент объявления об этом испытуемому.

Анализ различий в группах испытуемых по изучаемым показателям оценивался с помощью однофакторного дисперсионного анализа с последующим применением апостериорного критерия Дункана. В случаях значимого различия в дисперсиях сравниваемых групп по критерию Ливена применялся непараметрический аналог дисперсионного анализа – Н-критерий Краскела – Уоллиса. При попарном сравнении групп испытуемых применялись как параметрический (t-критерий Стьюдента), так и непараметрический (U-критерий Манна – Уитни) критерии различий. Обработка полученных результатов была проведена в системе IBM SPSS Statistics 19.

Стимульный материал был представлен индивидуально респондентам каждой группы в виде карточек-слов, которые они должны были сгруппировать в триады согласно инструкции характерным или нехарактерным для себя способом. Инструкция содержала следующий текст: «Вам будет необходимо сгруппировать слова, затратив как можно меньше времени (отвлекающий и мобилизующий момент), в соответствии со следующим примером: фара-

он – царь – император, то есть правители (или Египет – Нил – фараон, то есть в Египте на реке Нил жил фараон). Тем самым, они актуализировали процедуру выполнения задания пилотажного этапа исследования (ВСГ 1). Затем ту же процедуру они выполняли на стимульном материале, предназначенном для младшего школьного возраста (ВСГ 2). Он содержал житейские понятия, которые так же можно объединить в понятийные (дуб – яблоня – лиственница) или ассоциативные (сад – яблоня – яблоко) группировки.

Результаты и обсуждение

Айтрекинг

В процессе эксперимента установлено влияние когнитивного задания на параметры движения глаз испытуемых во время группировки ими триад, что не противоречит результатам других исследований [9; 10]. Предъявляемая инструкция влияет на длительность фиксации, амплитуды саккад и время выполнения задания. При выполнении задания на формирование релевантных триад длительность фиксации короче, а амплитуды саккад фиксируются чаще. Рост количества фиксаций также можно наблюдать у респондентов, которые выполняли ВСГ 1 и ВСГ 2 более пяти минут. Это объясняется тем, что взгляд удерживался на словах дольше, чтобы обеспечить сканирование большего объема информации (фиксации становились длиннее и чаще), чтобы правильно сгруппировать нужные слова в триаду.

Средний показатель выполнения ВСГ1 (на знакомом стимульном материале) ниже в группе SA_s_x ; далее по степени возрастания временных интервалов следуют группы: SP_x , SA_s_n и SP_n . Однако картина меняется кардинально при выполнении ВСГ2 (на незнакомом для них материале). Быстрее всех с заданием справились респонденты группы SP_x (01.47.595). Далее следуют SA_s_n (02.13.088), SP_n (03.11.103) и SA_s_x (03.47.021). Группа SA_s_x оказалась единственной, в которой четыре респондента затратили на выполнение второй методики больше времени, чем первой, демонстрируя низкий уровень обучаемости и формирования навыка. Полученные результаты в целом согласуются с проведенным ранее исследованием эффективности когнитивного научения разных групп при помощи исключительно экспериментальной методики [5]. Эффективность обучения выше, если испытуемые используют характерный для них способ группировки. В тоже время легче научить пользующихся ассоциативным способом респондентов понятийному способу группировки, чем ожидать от испытуемых с абстрактным вербальным интеллектом, чтобы они «деградировали» до ассоциативного характера группировки. Когнитивное научение с опорой на абстрактный интеллект менее затратно по времени и более продуктивно, чем основанное на ассоциативных (темпорально-пространственных) репрезентациях.

Статистический анализ эмпирических данных был осуществлен при помощи двухфакторного дисперсионного анализа с последующим применением апостериорного критерия Дункана. В результате дисперсионного анализа установлен эффект взаимодействия между переменными «инструкция» (ВСГ 1 и ВСГ 2) и «группа» ($F(3, 36) = 3,0855; p = 0,039$). При работе

с незнакомым стимульным материалом (BCG 1) испытуемые группы SP_x раньше справляются с заданием, чем группы SP_n (на уровне тенденции), а группа SA_{S_x} , чем SP_n (0.01) и SA_{S_n} (0.05). Достоверные различия между группами на знакомом стимульном материале обнаружены не были.

Тенденции изменения биоэлектрической активности

Основные тенденции изменения биоэлектрической активности ГМ испытуемых разных групп проанализируем на основе количественных и пространственных показателей средней мощности межполушарной когерентности и средней частоты в отведениях F3, F4 и P3, P4. Другими словами, рассмотрим динамику показателей мощности и частоты и соотношение данных параметров в теменной области коры и в височной области ГМ, в проекции коры ГМ, отвечающей за когнитивные функции.

Установлено, что средняя мощность когерентности возрастала во всех группах респондентов при прослушивании инструкций и снижалась при выполнении задания как в лобно-височной, так и в теменно-затылочной области, что может свидетельствовать о повышении активности отдельных полушарий ГМ и снижении синхронности в работе полушарий при выполнении задания (рис. 1).

Анализ динамики средней частоты показал возрастание данного параметра во всех группах при прослушивании инструкций и незначимое его снижение при выполнении задания в лобно-височной области ГМ, в то время как в теменно-затылочной области выявлено незначительное возрастание средней частоты при прослушивании инструкций и дальнейшее возрастание данного параметра при выполнении задания, что может свидетельствовать об активизации теменно-затылочных отделов ГМ (рис. 2).

При этом в группе SA_{S_x} обнаружено более выраженное (по сравнению с другими группами) возрастание средней мощности межполушарной когерентности при прослушивании инструкции и снижение данного показателя при выполнении задания, что может свидетельствовать об усилении функционального взаимодействия полушарий при усвоении материала и большей разобщенности нейрональных связей лобно-височных областей правого и левого полушарий ГМ при выполнении задания (рис. 3, 4).

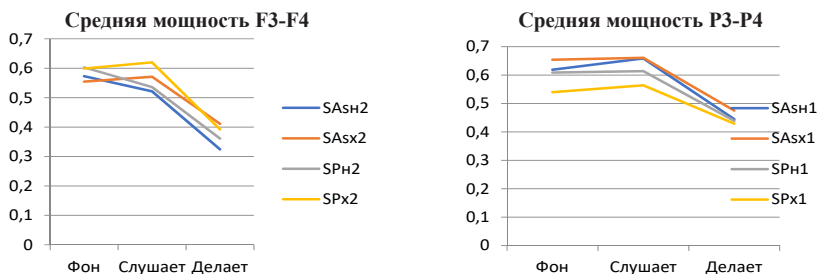


Рис. 1. Динамика показателя средней мощности межполушарной когерентности в группах при выполнении этапов теста

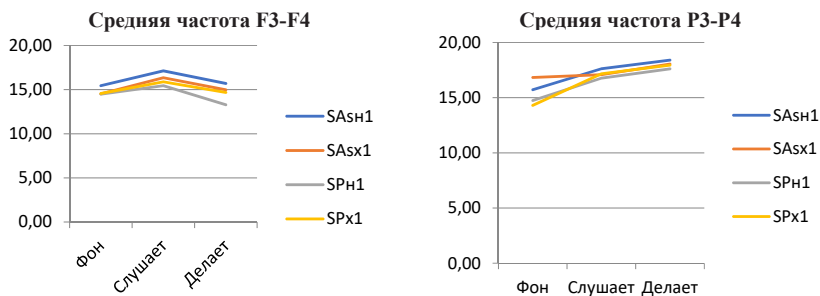


Рис. 2. Динамика показателя средней частоты межполушарной когерентности в группах при выполнении этапов теста

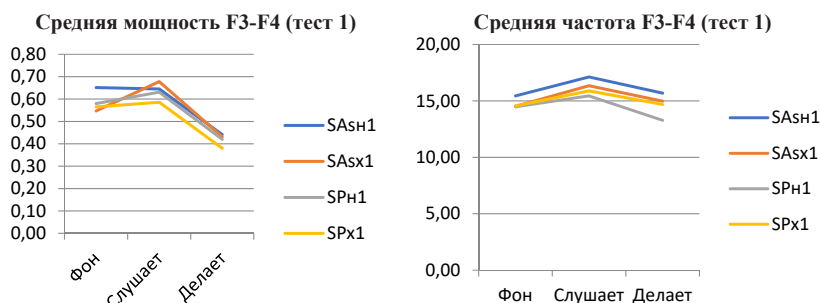


Рис. 3. Динамика показателя средней мощности и средней частоты межполушарной когерентности в группах при первичном выполнении теста

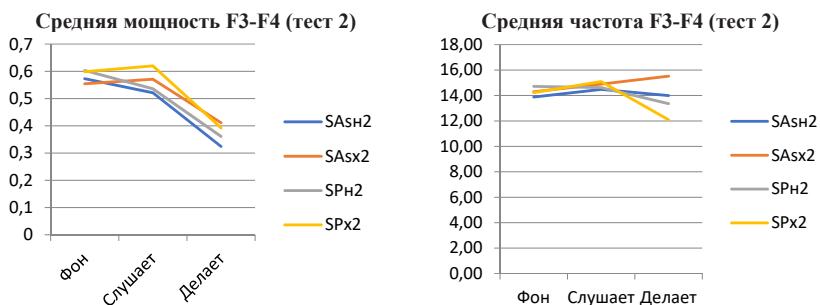


Рис. 4. Динамика показателя средней мощности и средней частоты межполушарной когерентности в группах при повторном выполнении теста

Показатель средней частоты в данной группе снижился, как и в других группах, при выполнении первого задания. Однако, в отличие от других групп, он возрастал при повторном прохождении теста. Данные изменения частотных характеристик ЭЭГ могут свидетельствовать об усилении

функциональной активности в области зрительного анализатора при оперировании уже знакомым стимульным материалом.

Такая тенденция была выявлена в группах при двукратном выполнении задания. При этом наблюдалось определенное возрастание средней межполушарной когерентности и средней частоты при первичном прослушивании инструкций и незначительное снижение данного параметра при повторном прослушивании инструкций во всех группах за исключением группы SAsx. При прохождении задания различий в динамике ЭЭГ в группах выявлено не было (рис. 3, 4).

Таким образом, по данным картирования ЭЭГ по параметру средней межполушарной когерентности и средней частоты выявлена тенденция к усилению синхронизации полушарий в височной области ГМ при усвоении нового материала (прослушивание инструкции при первой попытке) и некоторое ослабление межполушарных связей при повторении уже усвоенного материала. Кроме того, в группе SAsx отмечалось более выраженное, чем в других исследуемых группах, возрастание показателя средней мощности межполушарной когерентности при прослушивании инструкции и снижение данного показателя при выполнении задания, что может свидетельствовать об усилении функционального взаимодействия полушарий при усвоении материала и большей разобщенности нейрональных связей височных областей правого и левого полушарий ГМ при выполнении задания. Показатель средней частоты в данной группе снижался, как и в других группах при выполнении первого задания, но, в отличие от других групп, возрастал при повторном прохождении теста. Данные изменения частотных характеристик ЭЭГ могут свидетельствовать об усилении функциональной активности в области зрительного анализатора при оперировании уже знакомым материалом.

Спектральный, когерентный и амплитудно-интервальный анализ

На основании спектрального анализа можно утверждать, что интенсивность БЭА в различных областях ГМ изначально отличается у респондентов с разным вербальным интеллектом. Группы отличаются по выраженности межполушарной асимметрии в лобных областях, а также по средней частоте в правой центральной области и доминирующей частоте в левой лобной и в правых центральной и теменной областях ГМ. Выполнение теста увеличивает различия показателей средней частоты в правой передне-лобной и затылочной областях и максимальную мощность в левой затылочной и правой передне-лобной областях.

Когерентный анализ позволил конкретизировать наличие фоновых различий между группами по средней частоте в центральной, теменной и передневисочной областях ГМ. При выполнении теста по максимальной, средней и полной мощности когерентности в лобных областях, а также по максимальной мощности в его передне- и средневисочной и теменной областях. Кроме того, группы отличаются по показателю полной мощности в центральной области.

При помощи амплитудно-интервального анализа обнаружены фоновые различия между группами по показателям БЭА в начале фрагмента в правой переднелобной области и размаха фрагментов в левых затылочной и задневисочной областях.

При выполнении теста речь идет о различиях между группами респондентов по амплитуде одновременно в начале и конце фрагмента в левых лобной и задневисочной областях, а также в конце фрагмента в правых переднелобной и передневисочной областях коры ГМ. Различия имеют место по разности амплитуды в конце и начале фрагмента в правой задневисочной области и по максимальной амплитуде в левой затылочной области.

Выводы

В междисциплинарных исследованиях значительное внимание уделяется психофизиологическим коррелятам психической активности человека, включая функционирование эмоциональных и когнитивных процессов. В соответствии с целью исследования был проведен эксперимент с использованием айтрекера, который позволил изучить окуломоторную активность студентов с конкретным и абстрактным вербальным интеллектом при формировании ими ассоциативных и понятийных триад характерным/нехарактерным способом.

На уровне эффекта взаимодействия переменных «инструкция» (выполнение заданий на знакомом и незнакомом стимульном материале) и «группа» (совокупность испытуемых с характерным и нехарактерным для них способом группировки) установлены различия в эффективности формирования ментальных репрезентаций. Полученные результаты подтверждают согласованность психофизиологических и психодиагностических показателей и положение о влиянии конкретного и абстрактного интеллекта на выбор оптимального для каждой группы когнитивного научения. При этом особого внимания заслуживает вывод о когнитивной ригидности и трудности переноса когнитивного навыка респондентами с конкретным интеллектом и ассоциативным способом группировки. Исследование может быть углублено за счет статистического анализа и последующей интерпретации таких показателей, как время первой реакции, количество и продолжительность фиксации взгляда, выявленных в ходе основного этапа эксперимента.

На основании картирования ЭЭГ по параметрам средней межполушарной когерентности и средней частоты установлен рост синхронизации полушарий головного мозга в височной области при усвоении нового материала и ослабление межполушарных связей при повторном использовании усвоенной ранее информации.

Обнаружена большая по сравнению с другими группами разобщенность нейронных связей височных областей правого и левого полушарий при выполнении задания группой респондентов с конкретным вербальным интеллектом, формирующей ассоциативные триады характерным для них способом.

Различие биоэлектрической активности областей ГМ имеет место у испытуемых с разным уровнем (конкретным и абстрактным) вербального интеллекта уже в состоянии покоя с закрытыми глазами, что подтверждает гипотезу о психофизиологических коррелятах умственной деятельности.

Наиболее дифференцированно различия между группами испытуемых при выполнении теста выявляют результаты когерентного анализа ЭЭГ. При этом речь идет о таких параметрах, как средняя частота в переднелобных и передневисочных областях и все три вида мощности когерентности в передне- и средневисочной и в теменной областях, а также полной мощности в центральной области.

Испытуемые с конкретным вербальным интеллектом, выполняя задание с характерной для них инструкцией, имеют более высокие показатели максимальной и средней мощности в средневисочной области, чем группы с абстрактным вербальным интеллектом вне зависимости от характера инструкции, а также средней и полной мощности в теменной области головного мозга.

Список использованных источников

1. *Барабанщиков, В. А.* Окуломоторная активность человека как предмет и метод психологического исследования. Айттрекинг в психологической науке и практике / В. А. Барабанщиков. – М.: Московский институт психоанализа, 2015.
2. *Барабанщиков, В. А.* Методы регистрации движений глаз в психологии: основы учебно-методического комплекса / В. А. Барабанщиков, А. В. Жегалло // Экспериментальная психология. – 2014. – № 1. – С. 132–137.
3. *Айзенк, Г. Ю.* Интеллект: новый взгляд / Г. Ю. Айзенк // Вопросы психологии. – 1995. – № 1. – С. 111–131.
4. *Чуприкова, Н. И.* Умственное развитие: принцип дифференциации / Н. И. Чуприкова. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
5. *Лобанов, А. П.* Генетический способ построения научной теории вербального интеллекта / А. П. Лобанов // Весці БДПУ. Сер. 1, Педагогіка. Псіхалогія. Філалогія. – 2015. – № 4. – С. 38–42.
6. *Лобанов, А. П.* Интеллект и ментальные репрезентации: образовательный подход: монография / А. П. Лобанов. – Минск: БГПУ, 2010. – 288 с.
7. Окуломоторная активность студентов с конкретным и абстрактным вербальным интеллектом: айттрекинг в когнитивных исследованиях / А. П. Лобанов [и др.] // Выш. шк. – № 2. – 2020. – С. 42–46.
8. *Лобанов, А. П.* Формирование ментальных репрезентаций в контексте прототипов / А. П. Лобанов, Н. П. Радчикова // Вестник ТГУ. – Вып. 343. – 2011. – С. 180–183.
9. Examining the influence of task-set on eye movements and fixations / M. Mills [et al.] // Journal of vision. – 2011. – № 11(8), 17. – P. 1–15.
10. Eye typing in application: A comparison of two systems with ALS patients / S. H. Pannasch [et al.] // Journal of Eye Movement Research. – 2008. – № 2(8), 6. – P. 1–8.

(Дата подачи: 18.02.2022 г.)