

ЗНАЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТА И КРЕАТИВНОСТИ В СВЯЗАННОЙ С ДИВЕРГЕНТНЫМ МЫШЛЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА*

О.М. Разумникова^{1,2а}, К. Д. Кривоногова^{1,б}, А.А. Яшанина^{1,2в}
^аrazum@physiol.ru, ^бkseniensk123@gmail.com ^вtais4@yandex.ru

¹Новосибирский государственный технический университет, ²Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины, Новосибирск, Россия

Аннотация. Исследовано значение индивидуальных психометрических показателей интеллекта и креативности как потенциального ресурса инновационной деятельности в дифференцировке ЭЭГ коррелятов дивергентного мышления. Вербальный компонент IQ и образная оригинальность обуславливают вариативность изменений правополушарного дельта ритма и левополушарного бета2 ритма, связанных с решением эвристической задачи, а вербальный IQ и вербальная оригинальность – правополушарного бета1. Образный IQ является предиктором мощности правополушарного альфа2: большие значения соответствуют большей десинхронизации ритма, вызванной дивергентным мышлением. Обнаруженная вариативность ЭЭГ коррелятов дивергентного мышления указывает на широкое разнообразие функциональной активации коры, особенно правого полушария, обусловленное индивидуальными особенностями структуры интеллекта и креативности.

Ключевые слова: креативность, интеллект, полушарная активность мозга, ритмы ЭЭГ

ROLE OF INTELLIGENCE AND CREATIVITY IN FUNCTIONAL ACTIVATION OF BRAIN INDUCED BY DIVERGENT THINKING

O.M. Razumnikova^{1,2}, K.D. Krivonogova¹, A.A. Yashanina^{1,2}

¹Novosibirsk State Technical University, ²Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine, Novosibirsk, Russia

Abstract. The effects of intelligence and creativity in changes of the cerebral cortex activity during divergent thinking have been studied. It is found that the verbal component of IQ and figural originality associated with changes in the right hemispheric delta rhythm and left hemispheric beta2 rhythm induced by solving the heuristic task, but verbal IQ and verbal originality - the right-hemispheric beta 1. Figural IQ is a predictor of the right-hemispheric alpha2: his increase is associated with greater desynchronization induced by divergent thinking. Revealed variability of EEG correlates of divergent thinking indicates on widespread changes in functional cortical activation, especially the right hemisphere, due to individual differences in structures of intelligence and creativity

Key words: creativity, intelligence, hemispheric brain activity, EEG rhythms

Введение. Выполненные в последнее время интенсивные исследования нейрофизиологических механизмов творческой деятельности в разных экспериментальных

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №17-06-00166.

моделях указывают на функциональное доминирование правого полушария и синхронизацию биопотенциалов альфа диапазона, преимущественно во фронтальных отделах коры, что отражает предположительно извлечение из памяти отдаленных ассоциаций с торможением irrelevantной информации для продолжения поиска оригинальной идеи (Разумникова, 2009; Fink, Benedek, 2012; Mihov et al., 2010). Наряду с этими общими закономерностями, сформулированными в том числе на основе мета-анализа литературы, наблюдаются противоположные и латеральные, и активационные эффекты в ЭЭГ коррелятах креативности (Данько и др., 2003; Разумникова, 2004; Bendetowicz et al., 2016; Dietrich, 2004; Razumnikova, 2007).

Ранее нами и другими авторами было показано, что функциональная активность мозга при решении творческих заданий в экспериментальных условиях, зависит от фонового состояния, которое в свою очередь связано с разнообразными личностными особенностями, в том числе – с уровнем интеллекта и креативности (Разумникова, 2005; Beaty et al., 2014). Было показано, что разные комбинации высоких и сравнительно низких значений IQ и креативности формируют разные паттерны «преднастройки» коры (Разумникова, 2009). Для дальнейшего выяснения вариативности функциональной полушарной активности мозга, вызванной дивергентным мышлением (ДМ), предположительно вследствие влияния индивидуальных интеллектуальных и креативных способностей нами была использована разработанная ранее модель ДМ с решением несложной эвристической задачи (Разумникова, 2004).

Методика исследования. В исследовании приняли участие 53 студента университета в возрасте 18-20 лет (из них 20 мужчин). ЭЭГ регистрировали в 19 отведениях в фоне и при выполнении творческого задания в ситуации с закрытыми глазами. Использовали аппаратуру и программное обеспечение «Мицар-201» (Санкт-Петербург). После исключения двигательных и мышечных артефактов для анализа выбирали 30 эпох по 2 с с перекрытием 50%. Оригинальность решения эвристической задачи (OR_{DM}) определяли на основе экспертной оценки.

Методом быстрого преобразования Фурье для каждого отведения были получены показатели мощности ЭЭГ для шести частотных диапазонах от дельта до бета. Подробное описание методики приведено в ряде наших предшествующих работ (например, Разумникова, 2004, 2005). При статистическом анализе данных использовали усредненные суммарные значения мощности для центральных областей коры и левого/правого полушарий.

Психометрическую оценку вербальных и образных компонентов IQ и креативности проводили с использованием стандартных методик Амтхауэра, Торренса (Круги) и Гилфорда (Необычное использование обычного предмета). Для количественной оценки оригинальности идей применяли ранее разработанные компьютеризированные методики с соответствующими базами данных (Разумникова, 2002).

Результаты исследования. Согласно результатам корреляционного анализа обнаружена положительная связь между вербальным компонентом IQ (IQ_v) и значениями оригинальности при тестировании как вербальной (OR_{verb}), так и образной креативности (OR_{obr}) ($0,31 < r < 0,42$ при $0,005 < p < 0,022$).

OR_{obr} негативно связана с мощностью фоновых высокочастотных бета2 осцилляций, зарегистрированных в центральных областях коры (рис.1А), и положительно – с левополушарным бета-ритмом при ДМ (рис.1Б). Зрительно-пространственный компонент IQ (IQ_f) негативно коррелировал с мощностью правополушарного альфа2 ритма при ДМ ($r = -0,33$; $p < 0,03$).

При анализе OR_{DM} установлено, что ее повышению соответствовали большие значения OR_{obr} ($p < 0,1$) и показателей мощности правополушарных дельта и бета1 ритмов в ситуации ДМ ($p < 0,05$).

Для выяснения вклада IQ и креативности в вызванные ДМ изменения ЭЭГ использовали метод иерархической множественной регрессии. На первом этапе анализа как зависимую переменную рассматривали ОР_{ДМ}. Оказалось, что ОР_{ДМ} может быть предсказана с использованием разных регрессионных моделей: включающих как низкочастотные, так и высокочастотные ритмы ЭЭГ; при этом каждый из психометрических показателей ответственен примерно за 4-6% изменчивости зависимой переменной, а показатели мощности дельта и бета ритмов - 6-8% ($p < 0,05$). ОР_{ДМ} возрастает при повышении IQf и увеличении амплитуды правополушарных дельта осцилляций или бета₁ при выполнении задания. Так как объединение выявленных предикторов ОР_{ДМ} не повышало предсказательных возможностей регрессионной модели, нами было проанализировано значение IQ и креативности для изменений мощности дельта, альфа₂ и бета_{1,2} ритмов в ситуации ДМ, которые согласно результатам корреляционного анализа и в соответствии с литературными данными связаны с указанными характеристиками (Данько и др., 2003; Разумникова, 2004; Fink, Benedek, 2012; Razumnikova, 2007) являются ЭЭГ коррелятами ДМ.

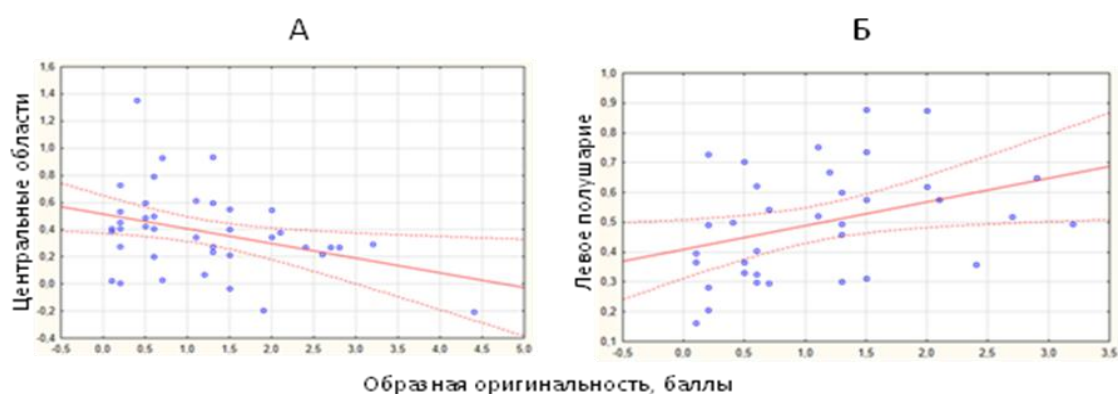


Рис.1. Корреляции показателя образной оригинальности и мощности бета₂-ритма в центральных областях коры в фоне (А) и в левом полушарии при решении эвристической задачи (Б).

Установлено, что достоверная модель для правополушарного дельта ритма, вызванного ДМ, включает IQ_v и ОР_{Обр} ($R^2=0,17$; $p < 0,01$), причем ОР_{Обр} является основным предиктором мощности ритма. Для левополушарного бета₂, напротив, значимую роль выполняет IQ_v, совместно с показателем ОР_{Обр} объясняя 19% изменчивости бета₂ осцилляций при ДМ. Вариабельность правополушарного альфа₂ ритма, вызванного ДМ, на 11% определяет IQf: большим значениям мощности соответствует меньший уровень интеллекта ($p < 0,02$). Изменения правополушарного бета₁ в максимальной степени связаны с IQ_v и вербальной оригинальностью, однако только на уровне тенденции: большей мощности ритма соответствовали большие значения оригинальности, но меньшие – интеллекта ($R^2=0,13$; $p < 0,1$). Рисунок 2 отражает в схематичном виде выявленный вклад вербальных и образных компонентов интеллекта и креативности в изменения ЭЭГ при ДМ.

Следовательно, регистрируемая в экспериментальных моделях творческой деятельности частотно-пространственная организация электрической активности мозга в значительной степени оказывается зависимой от индивидуальных особенностей участников исследования: интеллекта и/или креативности. Полученные данные, с одной стороны, соответствуют ранее показанным данным о положительной связи эффективности ДМ и уровня IQ (Batey, Furnham, 2006; Jauk et al. 2013), а также подтверждают большее значение правополушарной активности в изменениях эффективности ДМ (Разумникова, 2009; Mihov K.M. et al. 2010). Вместе с этим, обнаруженные эффекты указывают на широкий диапазон связанных с личностными характеристиками особенностей функциональной активности мозга, которые представлены не только в альфа, но и в низкочастотном дельта, и высокочастотном бета диапазонах. Причем при положительной связи между IQ и

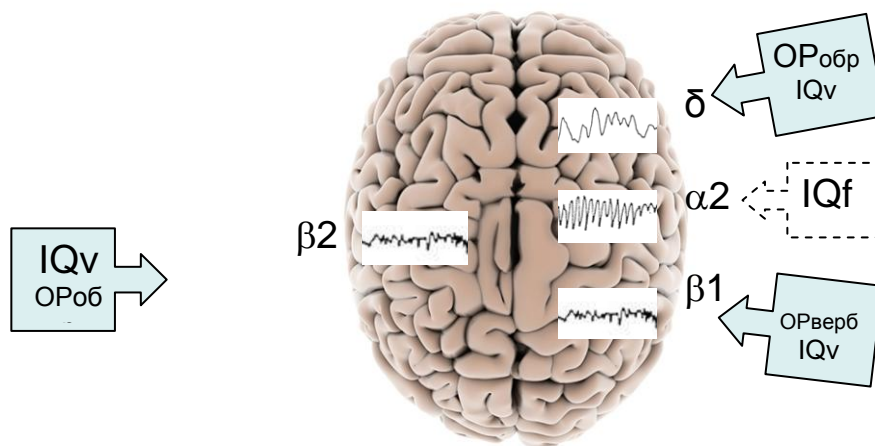


Рис. 2. Схематичное представление вклада вербальных и образных компонентов IQ и креативности в вызванных дивергентным мышлением изменениях активности мозга на частотах дельта, альфа2 и бета диапазонов

показателями оригинальности их вклад в изменения ЭЭГ коррелятов ДМ оказывается противоположным: большая оригинальность при выполнении креативных заданий ассоциируется с синхронизацией ритмической активности, а IQ – десинхронизации. Следовательно, можно полагать, что необходимые для поиска ОП_{ДМ} отдаленные ассоциации семантических категорий только у лиц с высокой креативностью осуществляются на основе синхронизированного взаимодействия областей коры, тогда как при высоком интеллекте преобладает стратегия концентрации внимания для решения проблемы с селекцией неподходящих ответов на основе их критического анализа, что отражает повышенная десинхронизация дельта, альфа2 и бета ритмов.

Таким образом, в основе широкого разнообразия паттернов частотно-пространственной организации активности мозга в экспериментальных моделях творчества могут лежать индивидуальные особенности в соотношении вербальных и образных компонентов IQ и креативности, отражающих использование разных операторов решения эвристической задачи. Каждый из этих психометрических показателей личности в случае его яркой выраженности может быть ведущим фактором, который приведет, соответственно, к доминированию лево- или правополушарных стратегий дивергентного мышления и к эффекту десинхронизации или синхронизации биопотенциалов мозга.

Литература

1. Данько С.Г., Старченко М.Г., Бехтерева Н.П. 2003. Локальная и пространственная синхронизация ЭЭГ при выполнении теста на инсайтную стратегию решения творческих вербальных задач. Физиология человека. 4, 29-32.
2. Разумникова О.М. 2002. Способы определения креативности. Новосибирск: Изд-во НГТУ
3. Разумникова О.М. 2004. Частотно-пространственная организация коры мозга при конвергентном и дивергентном мышлении в зависимости от фактора пола Сообщение I. Анализ мощности ЭЭГ. Физиол. ч. 6, 17-27.
4. Разумникова О.М. 2005. Отражение личностных свойств в функциональной активности мозга. Новосибирск: Наука.
5. Разумникова О.М. 2009. Особенности селекции информации при креативном мышлении // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 3, 134-161.
6. Разумникова О.М. 2009. Связь частотно-пространственных параметров фоновой ЭЭГ с уровнем интеллекта и креативности. Ж. высш. нервн. деят. 6, 686-695.
7. Batey M, Furnham A. 2006. Creativity, intelligence, and personality: a critical review of the scattered literature. Genet Soc Gen Psychol Monogr. 4, 355-429.

8. *Beaty RE, Benedek M, Wilkins RW, et al.* 2014. Creativity and the default network: A functional connectivity analysis of the creative brain at rest. *Neuropsychologia*. 64, 92-98.
9. *Bendetowicz D., Urbanski M., Aichelburg C., Levy R., Volle E.* 2016. Brain morphometry predicts individual creative potential and the ability to combine remote ideas *Cortex*. doi: 10.1016/j.cortex.2016.10.021.
10. *Dietrich A.* 2004. The cognitive neuroscience of creativity. *Psychon Bull Rev.* 6, 1011-1026.
11. *Jauk E., Benedek M., Dunst B., Neubauer A.C.* 2013. The relationship between intelligence and creativity: New support for the threshold hypothesis by means of empirical breakpoint detection. *Intelligence*. 41, 212–221.
12. *Fink A., Benedek M.* EEG alpha power and creative ideation. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2012, 12: 211-214.
13. *Mihov K.M., Denzler M., Förster J.* 2010. Hemispheric specialization and creative thinking: a meta-analytic review of lateralization of creativity. *Brain Cogn.* 3, 442-448.
14. *Razumnikova, O.M.* 2007. Creativity related cortex creativity in the remote associates task. *Brain Res. Bull.* 73, 96–102.

Разумникова Ольга Михайловна – профессор кафедры психологии и педагогики Новосибирского государственного технического университета, гл.н.с. НИИ физиологии и фундаментальной медицины, Новосибирск, razum@physiol.ru

Кривоногова Ксения Дмитриевна – аспирант кафедры психологии и педагогики Новосибирского государственного технического университета, kseniansk123@gmail.com

Яшанина Анна Анатольевна - ассистент кафедры психологии и педагогики Новосибирского государственного технического университета, м.н.с. НИИ физиологии и фундаментальной медицины, Новосибирск, tais4@yandex.ru