

ИЗМЕНЕНИЯ ФРОНТАЛЬНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ПРОЦЕССАХ СМЕЩЕНИЯ ВНИМАНИЯ К ЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СТИМУЛАМ

А.П. Астащенко¹, Е.Г. Якимова², Е.В. Дорохов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»
Министерства здравоохранения Российской Федерации;

²Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург

У 25 молодых здоровых испытуемых изучали изменения индексов фронтальной асимметрии мощности ритма α -диапазона, соотношения мощности медленных биоэлектрических волн к быстрым (тета/бета отношение, англ. theta/beta ratio – TBR) и время сенсомоторных реакций при выполнении когнитивных заданий на смещение внимания к информации эмоционального содержания – проба с точкой (dot-probe tests). Результаты показали, что реализация механизмов внимания к эмоциогенным стимулам сопровождалась фронтальной асимметрией с выраженной активностью правого полушария, а также высокими значениями TBR, которые предположительно связаны со снижением взаимодействия между корой и подкорковыми структурами. Внимание и выбор между конкурирующей по эмоциональному значению зрительной информацией сопровождалось усилением мощности биоэлектрической активности в частотном диапазоне α -ритма ЭЭГ во всех исследуемых отведениях.

Ключевые слова: фронтальная функциональная асимметрия, α -ритм ЭЭГ, тета/бета отношение, проба с точкой, эмоциональная зрительная информация.

DOI 10.19163/1994-9480-2019-4(72)-49-52

THE FRONTAL FUNCTIONAL ASYMMETRY CHANGES OF THE BRAIN IN PROCESS OF ATTENTIONAL BIAS TO EMOTIONAL STIMULUS

A.P. Astashchenko¹, E.G. Yakimova², E.V. Dorokhov¹

¹FSBEI HE «Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko»
of Public Health Ministry of the Russian Federation;

²Institute of Physiology named after I.P. Pavlov of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg

Electroencephalogram (EEG) frontal asymmetry in the alpha frequency band, the theta/beta ratio (TBR) and time of sensorimotor reactions in 25 healthy young subjects were studied in case of performing cognitive tasks. The EEG was recorded in carrying out the dot-probe test. These results showed that the mechanisms of attention to emotogenic stimuli accompanied by frontal asymmetry with activity of the right hemisphere and high values of TBR, which indicate a possible decrease of activity between the cortex and subcortical structures. Attention and choice between competing emotional information was accompanied by increased power of bioelectrical activity in the frequency range of the α -rhythm of the EEG in all EEG leads. The dot-probe test is a significant method for identify relevant visual information that most attracts the attention of certain groups of subjects.

Key words: frontal functional asymmetry, α -rhythm of EEG, theta/beta ratio (TBR), dot-probe test, emotional visual information.

Способность к распознаванию эмоциональных событий является одним из важнейших проявлений адаптации человека. Внутренние психофизиологические процессы, такие как эмоционально-мотивационные состояния индивида, влияют на особенности отбора информации эмоционального содержания и ее последующий анализ [6]. В настоящее время накопилось много работ, предполагающих существование двух базовых мотивационных эмоциональных систем, опосредующих различные формы эмоционального поведения, такие как приближения – достижения (approach system) и избегания – отстранения (withdrawal system). Данные результатов регистрации биоэлектрической активности показали, что активация первой системы сопровождается возникновением положительных эмоций, при стремлении к желаемой цели и связана с более

высокой активностью передних отделов левого полушария. Активация второй – связана, в большей степени, с передними отделами правого полушария [2–4, 7].

Фронтальная асимметрия активности мозга рассматривается в качестве биологического маркера регуляции эмоциональных процессов, где ведущую роль играет биоэлектрическая активность в частотном диапазоне α -ритма электроэнцефалограммы (ЭЭГ, 8–13 Гц) [7]. Необходимо также отметить роль анализа соотношения мощности медленных биоэлектрических волн к быстрым. В литературе часто используется термин отношение тета/бета, или the theta/beta ratio (TBR). Отмечается, что данный показатель связан с контролем, регуляцией эмоциональных состояний [1, 8]. В этом исследовании мы рассматриваем особенности биоэлектрической

активности мозга у молодых здоровых волонтеров – студентов вуза в процессе решения задач, связанных со смещением внимания к зрительной информации эмоционального содержания.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать, как изменяется фронтальная биоэлектрическая активность мозга, при внимании и восприятии зрительной информации нейтрального содержания, эмоционального содержания в паре с нейтральным стимулом, а также в паре с конкурирующим зрительным стимулом.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования выполнены неинвазивными методами с информированного согласия испытуемых. Экспериментальная серия состояла из двух этапов: 1) регистрация ЭЭГ фоновой активности с открытыми, закрытыми глазами; 2) регистрация ЭЭГ при выполнении трех когнитивных заданий на смещение внимания. Когнитивное задание представляло собой задачи, в англоязычной литературе широко используемые под названием dot-probe test [5, 10]. В этой задаче два стимула одновременно отображаются с двух сторон экрана. Один или оба стимула имеют эмоциональную ценность. Предъявление этих двух стимулов сопровождается эмоционально нейтральной задачей, которая включает в себя обнаружение точки в месте нахождения одного из эмоциональных стимулов. Если внимание участников было привлечено одним из эмоциональных раздражителей, то оно автоматически будет направлено в одну сторону экрана, в этом случае время реакции для обнаружения точки в месте будет быстрее, чем время реакции для обнаружения точки в противоположной части экрана. Во время исследования испытуемые находились в специально оборудованном помещении на расстоянии 70 см от экрана монитора компьютера и фиксировали взор на крестике в центре экрана монитора, на котором одновременно появлялись с двух сторон зрительные стимулы. В первом задании оба стимула не имели эмоциональной значимости. Через 100 мс на месте одного из изображений появлялся точечный стимул, по инструкции, требующий моторной реакции испытуемого (контрольное задание). Во втором когнитивном задании, один из двух стимулов был эмоциональным (изображения реалистичных сцен с отрицательным или положительным эмоциональным содержанием). В третьем задании оба стимула были эмоциональными и противоположными по своему эмоциональному содержанию. Под нейтральным содержанием понималось изображение предметов быта или фотографии людей с нейтральным выражением лица; под отрицательным – изображение сцен нападения, избиения, угроз оружием; под положительным – изображение сцен заботы и помощи, фотографии улыбающихся взрослых и детей.

Угловое расстояние изображения составляло около 13×5 уг. градуса; разрешение экрана монитора 1280×1024 ; время демонстрации зрительных сцен 500 мс; межстимульный интервал 1000–2000 мс. Испытуемые должны были как можно быстрее реагировать, нажимая на кнопку клавиатуры при появлении точечных зрительных целей (рис. 1).

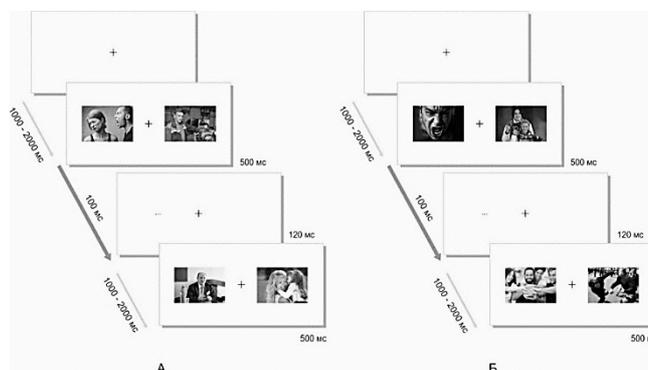


Рис. 1. Пример предъявляемых изображений.

А – второе когнитивное задание (нейтральное изображение + эмоциональное изображение «Н + Э» или «Э + Н»); Б – третье когнитивное задание (эмоциональное изображение положительного содержания + эмоциональное изображение отрицательного содержания «Э+Э»)

Регистрация ЭЭГ осуществлялась на аппаратно-программном комплексе «Медиком-МТД». Электроды располагались в соответствии с международной системой 10–20 (монтаж монополярный, в качестве референтного электрода использовался объединенный ушной). Осуществлялись запись биоэлектрической активности мозга в отведениях: F3, F4, F7, F8, C3, C4, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2.

Артефакты, возникающие при движении глаз, дифференцировали по характерной форме и пространственному положению, исключали из анализируемой записи. Вычисляли спектральную мощность ритмов ЭЭГ в диапазоне 0,5–35 Гц с частотой дискретизации 250 Гц. Использовали анализ фронтальной асимметрии в частотном диапазоне α -ритма (8–13 Гц). Рассчитывали индексы на основе вычитания $[Ln(\text{усредненная мощность в частотном диапазоне } \alpha\text{-ритма в объединенных отведениях F4, F8}) - Ln(\text{усредненная мощность в частотном диапазоне } \alpha\text{-ритма в объединенных отведениях F3, F7})]$.

Положительные значения индексов свидетельствовали о высокой левой фронтальной кортикальной активности. Отрицательные значения – о высокой правой фронтальной кортикальной активности [2–4]. Также использовали показатель TBR и средние значения мощности биоэлектрической активности в частотном диапазоне α -ритма ЭЭГ (8–13 Гц).

Сравнение достоверности показателей производилось с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок в программном пакете Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты были получены на 25 испытуемых в возрасте (21 ± 2) года, с правой ведущей рукой, с нормальным зрением или скорректированным до нормального. Среднее время моторных реакций на точечные стимулы рассчитывалось отдельно для разных условий предъявления стимулов – слева, справа и для стимулов разной эмоциональной модальности. Среднее время моторных реакций на точечные стимулы после нейтральных изображений (контрольное задание) в левой части экрана составило (608 ± 80) мс, в правой – (601 ± 74) мс. При появлении точечных стимулов на месте эмоциональных с положительным содержанием, слева на экране, во второй задаче среднее время сенсомоторных реакций составило (515 ± 54) мс, справа – (585 ± 59) мс. При появлении точек на месте эмоциональных стимулов с отрицательным содержанием, слева на экране, во второй задаче среднее время сенсомоторных реакций составило (573 ± 56) мс, справа – (565 ± 52) мс соответственно. При выполнении третьей задачи время моторных реакций на точки после эмоциональных стимулов с положительным содержанием слева на экране было (603 ± 79) мс, справа – (607 ± 89) мс; с отрицательным значением: слева – (534 ± 81) мс, справа – (611 ± 76) мс. Для удобства восприятия данные представлены на рис. 2.

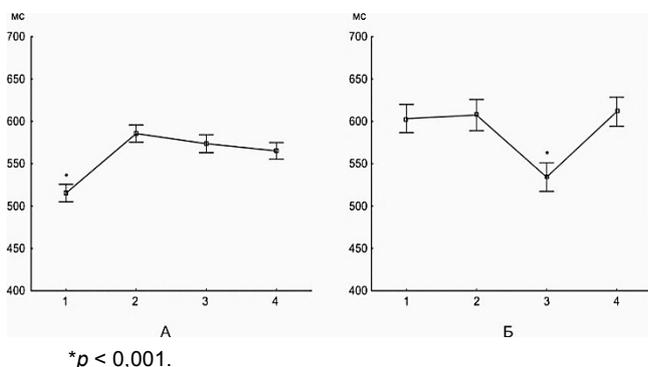


Рис. 2. А – среднее время реакций на точечные стимулы при выполнении второго когнитивного задания (нейтральное изображение + эмоциональное изображение «Н + Э» или «Э + Н»); Б – среднее время реакций на точечные стимулы при выполнении третьего когнитивного задания (эмоциональное изображение + эмоциональное изображение «Э + Э»). Среднее время реакций на точечные стимулы, после появления: 1 – позитивных зрительных стимулов слева, 2 – позитивных зрительных стимулов справа, 3 – негативных зрительных стимулов слева, 4 – негативных зрительных стимулов справа

Данные биоэлектрической активности представлены на рис. 3. Средние значения индексов фронтальной асимметрии мощности ритма α -диапазона были отрицательными как при выполнении заданий, так и в фоновой записи, что свидетельствует о сравнительно более высоком уровне активации области коры правых фронтальных зон мозга. Значения TBR

справа во фронтальных отведениях превышали значения слева. Мощность ритма альфа-диапазона во всех отведениях возрастала в случае выполнения третьего когнитивного задания, где оба одновременно предъявляемых стимула обладали эмоциональной значимостью, достоверные отличия: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

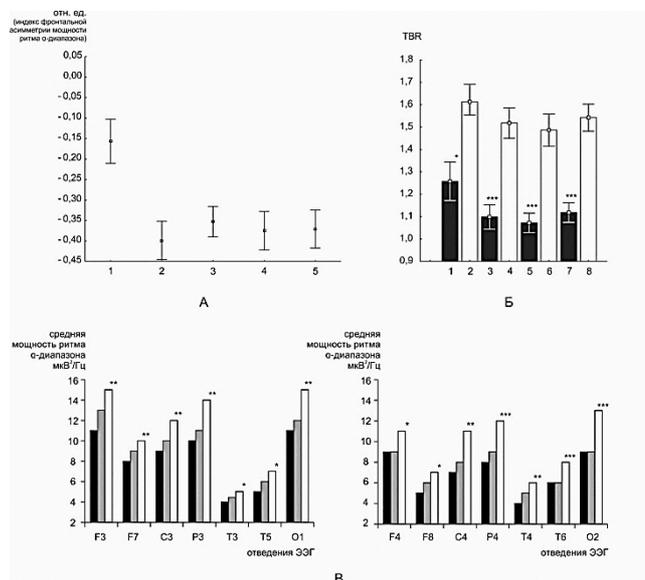


Рис. 3. А – средние значения индексов фронтальной асимметрии мощности ритма альфа диапазона: 1 – средние значения индексов для фоновой записи с закрытыми глазами, 2 – с открытыми глазами, 3 – при выполнении первого задания, 4 – второго задания, 5 – третьего задания; Б – данные сравнения значений TBR слева и справа в отведениях F3, F4: 1, 2 – TBR при выполнении первого задания ($p < 0,05$); 3, 4 – TBR при выполнении второго задания ($p < 0,001$); 5, 6 – TBR при выполнении третьего задания ($p < 0,001$); 7, 8 – TBR при фоновой записи с открытыми глазами, $p < 0,001$; черные столбцы – данные TBR в отведении F3, белые столбцы – данные TBR в отведении F4; В – средняя мощность ритма α -диапазона в основных отведениях: при выполнении задания 1 – черные столбцы, 2 – серые столбцы, 3 – белые столбцы

Таким образом, по результатам сенсомоторных реакций на точечные стимулы обнаружено, что внимание к эмоциональным стимулам было в значительной мере связано с пространственным положением данного стимула и смещалось в левое поле экрана. Как мы полагаем, это могло быть связано со сравнительно более высоким уровнем активации области коры правого полушария головного мозга, отчетливо проявившимся во фронтальных отведениях ЭЭГ. Показано, что селекция внимания, связанная с пространственной ориентацией, может сопровождаться высокой активностью правого полушария головного мозга [9]. Существуют экспериментальные работы, где авторы отмечают две модели, объясняющие асимметрию ЭЭГ, связанную с эмоциональными процессами у человека: диспозиционная модель (dispositional model), показывающая связь с изначальной асимметрией в состоянии покоя,

и модель возможностей (capability model), демонстрирующая связь с индивидуальными возможностями к адаптации в специфической ситуации [7].

С одной стороны, полученные нами данные подтверждают теоретические основы диспозиционной модели – анализ ЭЭГ показал, что более выраженная правосторонняя активность мозга наблюдалась также и в фоновой записи с открытыми глазами до начала экспериментальных сессий. Однако нельзя полностью исключить влияния эмоционального значения стимулов, так как в случаях внимания к зрительной информации конкурирующего значения, по данным сенсомоторных реакций на точечные стимулы, внимание большинства участников исследования было смещено в левое поле экрана к стимулам с негативным содержанием. Относительно низкую левую (по сравнению с правой) фронтальную активность часто связывают не только с депрессией, высоким уровнем тревожности, но и со снижением регуляции негативных эмоций. В нашем исследовании данные средней мощности биоэлектрической активности в частотном диапазоне α -ритма были выше при выполнении задания, где оба стимула были эмоциогенными и противоположными по своему эмоциональному содержанию, чем при выполнении других заданий. При сравнении показателей TBR слева и справа у испытуемых было выявлено, что справа значения TBR выше, чем в левых фронтальных областях. В исследованиях других авторов отмечается отрицательная корреляционная связь между показателем TBR и контролем внимания. Увеличение значения TBR может отражать снижение фронтального коркового контроля над подкорковыми процессами [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование задач dot-probe test представляет интерес исследователей для выявления значимой зрительной информации, наибольшим образом привлекающей внимание определенных групп испытуемых. Результаты подобных исследований могут быть использованы в качестве биоэлектрических маркеров отклонений психоэмоциональных состояний у молодых людей на ранних этапах развития. Результаты данного исследования показали, что реализация механизмов смещения внимания к эмоциогенным стимулам сопровождалась фронтальной асимметрией с выраженной активностью правого полушария; высокими значениями TBR, что предположительно связано со снижением

взаимодействия между корой и подкорковыми структурами.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Князев Г.Г., Савостьянов А.Н., Левин Е.А., Слободской-Плюснин Я.Ю., Бочаров А.В. / Knjazev G.G., Savost'janov A.N., Levin E.A., Slobodskoj-Pljusnin Ja.Ju., Bocharov A.V. Электроэнцефалографические корреляты тревожности / Jelektrojencefalograficheskie korrelyaty trevozhnosti [Electroencephalographic anxiety correlates] // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук / Bjulleten' Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii medicinskih nauk [Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences]. – 2009. – № 1 (135). – С. 74–80.
2. Adolph D., von Glischinski M., Wannemuller A., Margraf J. The influence of frontal alpha-asymmetry on the processing of approach and withdrawal-related stimuli. A multichannel psychophysiology study // Psychophysiology. – 2017. – P. 1–16.
3. Cole C., Zapp1 D.J., Nelson S.K., Pérez-Edgar K. Speech presentation cues moderate frontal EEG asymmetry in socially withdrawn young adults // Brain Cogn. – 2012. – № 78 (2). – P. 156–162.
4. Harrewijn A., Van der Molen M.J.W., Westenberg P.M. Putative EEG measures of social anxiety: Comparing frontal alpha asymmetry and delta-beta cross-frequency correlation // Cogn. affect behav. neurosci. – 2016. – P. 1086–1098.
5. Heathcote L.C., Vervoort T., Eccleston C., et al. The relationship between adolescent's pain catastrophizing and attention bias to pain faces is moderated by attention control // Pain. – 2015. – № 156. – P. 1334–1341.
6. Morales S., Fu X., Pérez-Edgar K. A developmental neuroscience perspective on affect-biased attention // Developmental cognitive neuroscience. – 2016. – № 1. – P. 26–41.
7. Pérez-Edgar K., Kujawa A., Nelson S.K., Cole C., Zapp D.J. The relation between electroencephalogram asymmetry and attention biases to threat at baseline and under stress // Brain Cogn. – 2013. – № 82 (3). – P. 337–343.
8. Putman P., Verkuil B., Arias-Garcia E., Pantazi I., Van Schie C. EEG theta/ beta ratio as a potential biomarker for attentional control and resilience against deleterious effects of stress on attention // Cogn. Affect. Behav. neurosci. – 2014. – № 14. – P. 782–791.
9. Thigpen N., Forest G.L., Garcia S., Herring D.R., Keil A. What does the dot probe task measure? A reverse correlation analysis of electrocortical activity // Psychophysiology. – 2018. – № 55 (6).
10. Tottenham N., Tanaka J., Leon A.C., McCarry T., Nurse M., Hare T.A., et al. The NimStim set of facial expressions: Judgments from untrained research participants // Psychiatry Research. – 2009. – № 168. – P. 242–249.

Контактная информация

Астащенко Анжела Павловна – к. б. н., доцент кафедры нормальной физиологии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, e-mail: cercea1@gambler.ru