

ЛОКАЛИЗАЦИЯ АЛЬФА-АКТИВНОСТИ ЭЭГ ПРИ РАЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОГНИТИВНОЙ ЗАДАЧИ

Корюкалов Ю.И.

ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», Челябинск, e-mail: arhy82@mail.ru

Проведен анализ биотоков коры больших полушарий по данным ЭЭГ при выполнении когнитивной задачи по вычитанию в уме. Исследование проводили на испытуемых 24-35 лет, группу наблюдения составили нетренированные лица, регулярно практикующие психофизические упражнения (ПФР); контрольную группу – не занимающиеся саморегуляцией. Показано, что в группе наблюдения отмечался достоверный рост альфа-активности в лобно-центральных и височных отведениях преимущественно правого полушария. При этом наиболее выраженная альфа-активность у большинства медитаторов отмечалась на частоте 11-12 Гц, в отличие от 9,5-10,5 Гц у испытуемых контрольной группы. Лица, занимающиеся ПФР, достоверно лучше выполнили задание, что сопровождалось большей выраженностью в альфа-ритме межполушарных связей в лобных и центральных отведениях. Независимо от группы низкие показатели при выполнении когнитивной задачи на вычитание в уме были у лиц с отсутствием фокуса альфа-активности в центрально-теменной зоне и высокими показателями индекса бета-ритма (более 50%) преимущественно левой височной зоны. Высокие же показатели отмечались у лиц с фокусом альфа-активности в центрально-затылочных отведениях и локализацией бета-ритма в лобных и затылочных отведениях. Наши данные свидетельствуют в пользу существующей роли альфа-ритма в когнитивной деятельности и мысленной (не визуальной) концентрации внимания на выполнении задачи.

Ключевые слова: электроэнцефалография, альфа-ритм, когнитивная деятельность, релаксация, функциональные состояния, межполушарные связи, биотоки мозга.

LOCALIZATION OF EEG ALFA ACTIVITY AT DIFFERENT EFFECTIVE PERFORMACE OF COGNITIVE TASKS

Koryukalov Y.I.

South Ural State University, Y.I. Koryukalov, Chelyabinsk, e-mail: arhy82@mail.ru

Analysis biocurrents cortical EEG data in the performance of the cognitive task of subtraction in mind. The study was conducted on subjects 24-35 years old, a group of observations made untrained individuals regularly practicing psycho-physical exercises (PPE); control group-not engaged self-regulation. It is shown that in the observation group there was a significant increase in alpha activity in the fronto-central and temporal leads predominantly right hemisphere. The most pronounced alpha activity was observed in the majority of meditators at a frequency of 11-12 Hz, as opposed to 9,5-10,5Gts the subjects of the control group. Persons engaged PPE performed significantly better the task, which was accompanied by a greater severity in the alpha rhythm of hemispheric relations in the frontal and central regions of the cerebral cortex. Regardless of the group low levels when performing cognitive tasks were the persons to deduct in the mind, with the lack of focus of alpha activity in the central-parietal region and high levels of beta-rhythm index (over 50%), predominantly the left temporal zone. High performance is observed in individuals with a focus alpha activity in the central areas of the occipital cortex and localization of beta rhythm in the frontal and occipital areas. Our data support the existing role of the alpha rhythm in cognitive performance and mental (not only visual) focus on the task.

Keywords: EEG, alpha rhythm, cognitive activity, relaxation, functional state, interhemispheric communication biocurrents of brain.

В литературе приводятся разные точки зрения на функциональную роль альфа-ритма электроэнцефалограммы, его роль в разных когнитивных процессах. Изменения в альфа-ритме при решении различных задач связывают с процессами внимания или психоэмоциональным напряжением [12]. Выявлена роль бета-активности в когнитивных и эмоциональных процессах, альфа-активности – в связи с уровнем внимания, воображения и визуализации [10].

Модуляция альфа-ритма связана с активностью ядер таламуса и выраженностью таламо-кортикальных связей [8]. Практика же релаксационных состояний развивает формирование таламо-кортикальных функциональных связей [1; 2; 8], благодаря чему обеспечивается синхронизация взаимодействия разных отделов коры в альфа-диапазоне.

Некоторые исследователи высказывают предположение о важной роли альфа-ритма в объединении мозговых структур при различных видах когнитивной или сенсорной деятельности. Р. Мачинская, рассматривая гипотезу о соотношении различных ритмогенных механизмов в процессе обработки информации, высказывает предположение, что «...при произвольном избирательном внимании управляемые ритмогенные альфа-сети формируют основу функциональной системы будущей когнитивной деятельности в соответствии с внутренним планом или инструкцией» [3].

Понимание особенностей функциональной организации нейронной активности при разной эффективности решения когнитивной задачи лиц 24-35 лет необходимо для научного обоснования, разработки средств и техник повышения эффективности когнитивной деятельности взрослых, для их возможного применения в разных профессиональных сферах.

Цель настоящего исследования состояла в изучении локализации альфа-ритма биоэлектрической активности мозга при разной по эффективности когнитивной деятельности у лиц 24-35 лет.

Методика исследования

Испытуемыми являлись аспиранты, преподаватели и выпускники ЮУрГУ в возрасте от 24 до 35 лет (всего 28 человек). Группу наблюдения составили нетренированные лица 25-35 лет, регулярно практикующие психофизические упражнения (ПФР) (I группа, 12 человек); контрольную группу – испытуемые того же возраста (24-35 лет) и пола, не занимающиеся саморегуляцией (II группа, 16 человек).

При помощи прибора «Нейрон-Спектр» («Нейрософт», Россия; РУ № ФСР 2009/04073, декларация соответствия № РОСС RU.ИМ18.Д00513) осуществляли многоканальную регистрацию ЭЭГ с 16 чашечными электродами, соединенными с ушными электродами и локализованными в соответствии с системой 10-20. Производили несколько функциональных проб: фоновая запись с открытыми глазами (ФЗ), закрывание глаз (ЗГ), решение арифметической задачи по вычитанию (про себя) из 200 поочередно 5 и 2. Частота квантования ЭЭГ составляла 250 Гц. Компьютерная электроэнцефалография включала спектральный, периодометрический, корреляционный и когерентный анализ, осуществляемый по программному обеспечению фирмы-разработчика.

Результаты

Анализ фоновой биоэлектрической активности мозга в состоянии покоя при открытых

глазах (ФЗ) выявил определенные различия у медитаторов и испытуемых контрольной группы. Так, почти у всех медитаторов на электроэнцефалограммах выявлена альфа-активность в фоновой записи с открытыми глазами (рис. 1), в отличие от испытуемых контрольной группы, у которых она выявлялась лишь в 1/3 случаев. В контрольной группе средняя амплитуда альфа-ритма составляла 12-15 мкВ, индекс альфа-ритма находился в пределах 5-10%, в группе медитаторов амплитуда и индекс альфа-ритма в среднем были на 25-40% больше и составляли, соответственно, 15-25 мкВ и индекс в 15-30%.

Доминирующая частота в обеих группах составила 10-10,5 Гц, хотя у медитаторов в лобно-центральных отделах полушарий, в отличие от испытуемых контрольной группы, наблюдался в спектре второй пик мощности на частоте $8 \pm 0,8$ Гц. Выявленные два пика альфа-активности синхронно перемещались при изменении фокуса альфа-активности. Т.е. у медитаторов в покое выражена активность нескольких генераторов альфа-активности на разной частоте в одних и тех же отведениях.

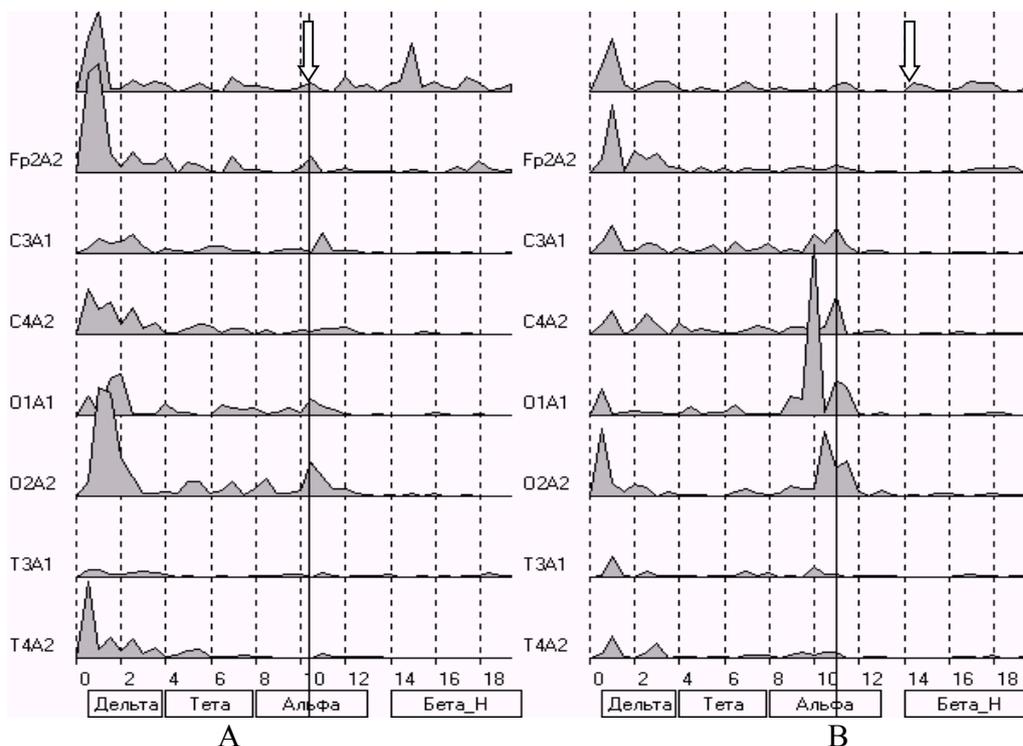


Рис. 1. Выраженность альфа-ритма в передних отделах полушарий у медитаторов при открытых (А) и закрытых (В) глазах (спектр и частоты, М:2). Левый график (А) – выделены пики альфа-активности на 7,2 и 10,5 Гц, правый (В) – пики на частоте 7 и 11 Гц (Ш-ва, 28 лет). Обозначения: Fr1, Fr2 - фронтальные; С3, С4 – центральные; Т3, Т4 – височные; О1, О2 – затылочные отведения

Анализ спектра альфа-активности при закрытых глазах (ЗГ) у медитаторов выявил выраженные пики спектральной мощности как в затылочных, так и в лобно-центральных отделах, при этом у большинства медитаторов мощность альфа-ритма была выражена в лобно-центральных отведениях лишь немного меньше, чем в затылочных (рис. 1). У

испытуемых же контрольной группы альфа-активность прослеживается в основном лишь в затылочных областях; у большей части испытуемых в фоновой записи с закрытыми глазами она преобладает в отведениях левого полушария.

Интересно и то, что у 2/3 медитаторов веретена альфа-ритма при закрытых глазах в среднем длиннее на 20-35%, а паузы между веретенами значительно меньше, чем у испытуемых контрольной группы.

Таким образом, для медитаторов, в отличие от испытуемых контрольной группы, в фоновой записи с открытыми глазами свойственно наличие альфа-активности, характеризующейся значительным индексом ритма в передних отделах полушарий. Кроме того, у медитаторов отмечается наличие в спектре альфа-ритма второго – медленно-частотного пика в диапазоне $8\pm 0,8$ Гц.

При этом рисунок волн альфа-ритма у медитаторов более гармоничный, чем у не практикующих методы психорегуляции, что выражается в более длинных веретенах альфа-ритма и меньших «паузах» между ними, чем у испытуемых контрольной группы.

Спектральный анализ биоэлектрической активности мозга при выполнении **когнитивного теста** на вычитание в уме выявил определенные различия у медитаторов и испытуемых контрольной группы. Так, при выполнении простого когнитивного задания по мысленному вычитанию у большинства испытуемых контрольной группы не наблюдалось роста альфа-активности. У испытуемых, решивших за меньший период времени поставленную перед ними задачу, напротив, отмечалось существенное повышение альфа-активности с увеличением её амплитуды в центрально-затылочных отведениях правого полушария. В целом по группе доминирующими отведениями в альфа-диапазоне являлись центрально-теменные области обоих полушарий.

В группе лиц, занимающихся релаксационными психофизическими упражнениями (ПФР), отмечался достоверный рост альфа-активности в лобно-центральных и височных отведениях преимущественно правого полушария. При этом наиболее выраженная альфа-активность у большинства медитаторов отмечалась на частоте 11-12 Гц, в отличие от 9,5-10,5 Гц у испытуемых контрольной группы. При этом второй пик альфа-ритма у медитаторов также отмечался в диапазоне $8\pm 0,8$ Гц (рис. 2).

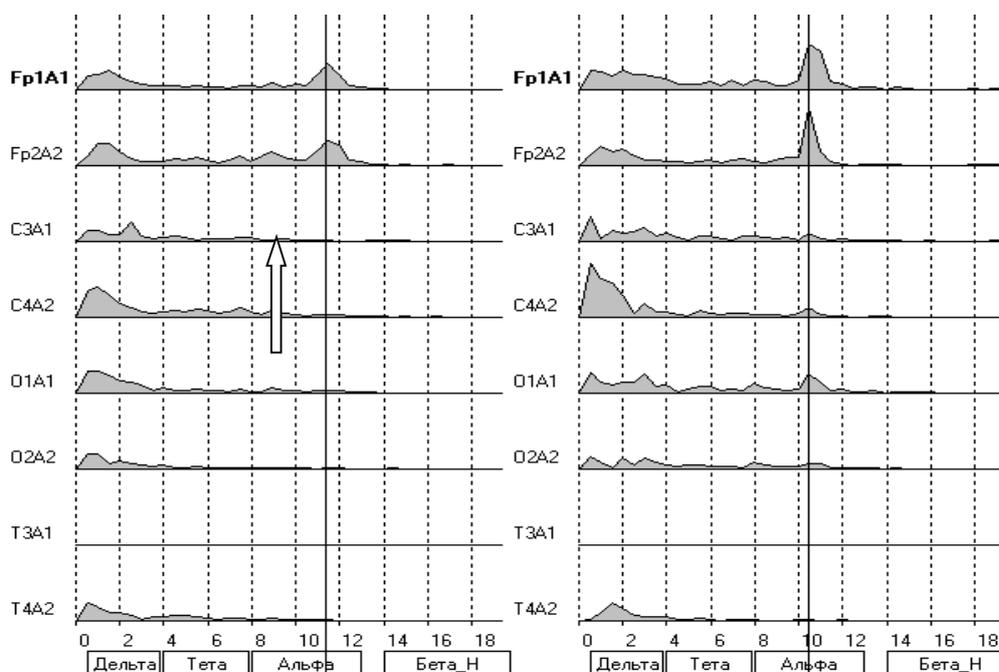


Рис. 2. График спектрального анализа Вычитание в уме - Фоновая запись, 11,4 Гц - 10,4 Гц, 687 с - 802 с (мощность спектра, $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$). Исп. Бад-ов, 26 лет

Независимо от группы низкие показатели при выполнении когнитивной задачи на вычитание в уме были у лиц с отсутствием фокуса альфа-активности в лобной и центрально-теменной зоне и высокими показателями индекса бета-ритма (более 50%) преимущественно левой височной зоны.

Высокие же показатели отмечались у лиц с фокусом альфа-активности в центрально-затылочных отведениях и локализацией бета-ритма в лобных и затылочных отведениях (рис. 3).

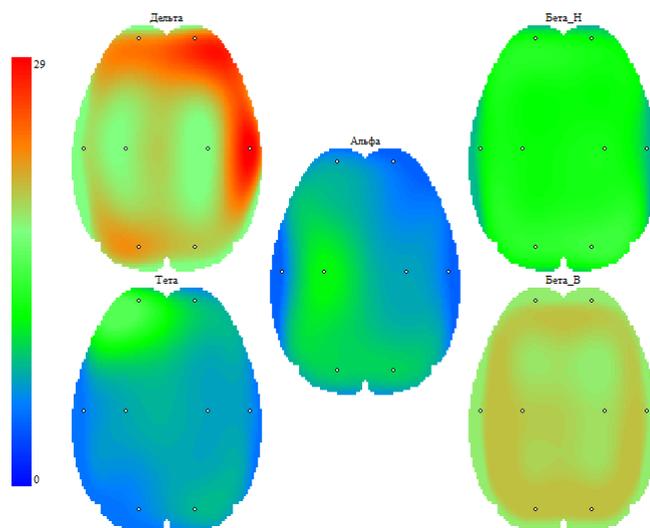


Рис. 3. Выраженный индекс альфа-ритма в центрально-затылочных отведениях и бета-ритма в лобных и затылочных отведениях обоих полушарий у испытуемых с высокими результатами задачи по вычитанию в уме. Исп. Б-ко, 24 года, досчитал до 88 (Индекс ритма, %)

Корреляционный анализ выявил у большинства медитаторов (рис. 4), в отличие от испытуемых контрольной группы, выраженную периодичность волнового процесса на частоте 6-17 Гц в лобных и височно-затылочных отведениях обоих полушарий с доминированием во фронтальных и теменно-затылочных отделах (рис. 4).

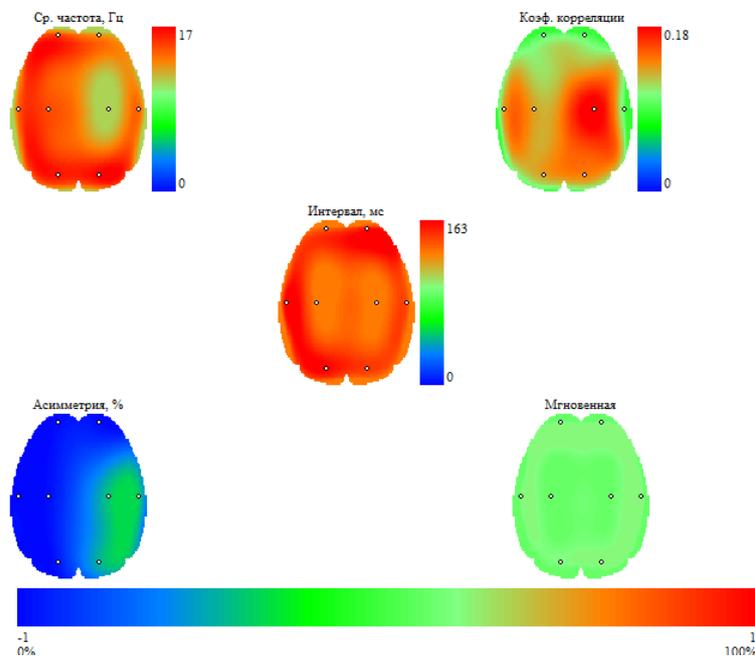


Рис. 4. Показатели автокорреляционной функции при выполнении задачи на вычитание в уме. 106 с, 161 мс, исп. Б-ко, 24 года

Когерентный анализ пробы «Вычитание в уме» у медитаторов, в отличие от не практикующих ПФР показал бóльшую выраженность в альфа-ритме межполушарных связей в лобных и центральных отведениях. В контрольной группе в альфа-ритме когерентность выше среднего отмечалась в затылочных отведениях.

Анализ бета-активности свидетельствует, что у испытуемых контрольной группы не наблюдается достоверных изменений. В то же время у лиц, практикующих ПФР в высокочастотном бета-ритме, отмечалось снижение когерентности межполушарных связей по большинству отведений с их усилением в лобных отведениях.

В среднем группа практикующих ПФР выполнили данное задание на 10-15% эффективней, при этом лишь один из них сбился со счёта, в отличие от 4 испытуемых контрольной группы.

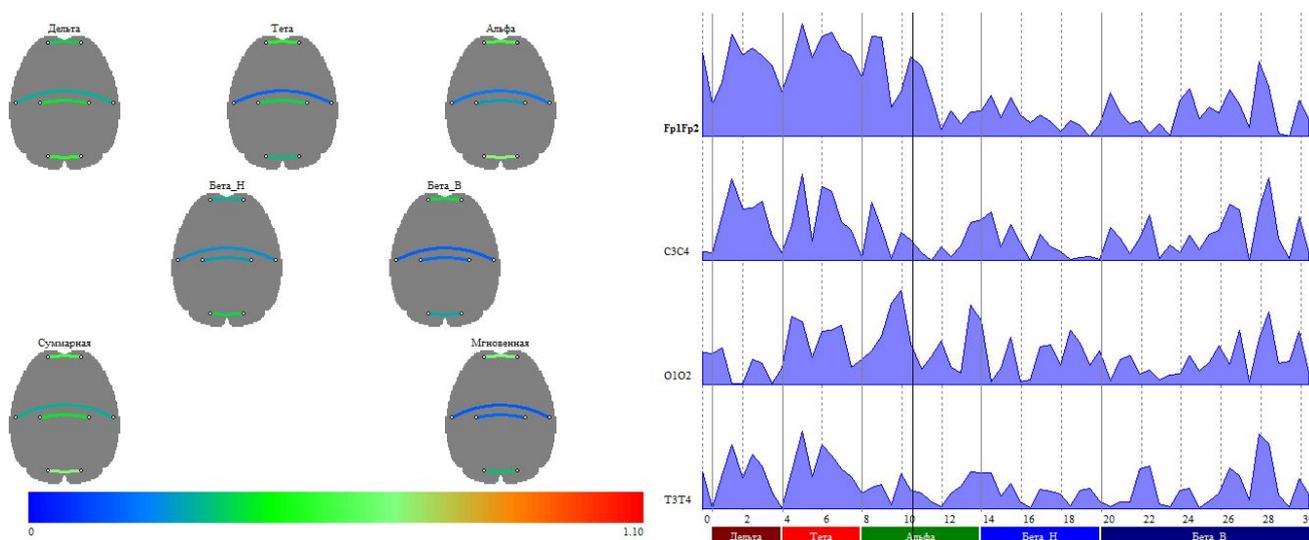


Рис. 5. Показатели когерентности в пробе по вычитанию в уме. Исп. Б-ко, 24 года, досчитал до 88

Обсуждение

Вероятно, что наблюдаемая у медитаторов в фоновой записи выраженная альфа-активность, с доминированием в правом полушарии, отражает кумулятивный характер длительной практики психофизической регуляции (ПФР). Лучшие показатели практикующих ПФР в арифметических действиях по вычислению свидетельствуют о лучшей внутренней концентрации внимания по сравнению с испытуемыми контрольной группы, выражающейся в усилении функциональных связей между лобно-центрными отведениями. Подтверждением лучшей концентрации внимания также является меньшее количество ошибок при счете в отличие от испытуемых контрольной группы.

Наши данные свидетельствуют в пользу существующей роли альфа-ритма в когнитивной деятельности и мысленной (не визуальной) концентрации внимания на выполнении задачи. По мнению других исследователей, ЭЭГ-коррелятом поддерживающего внимания, необходимого для выполнения несложных арифметических операций, является низкочастотный альфа-ритм (6,5–8 Гц) [11], который отмечался у наших испытуемых в качестве второго пика альфа-активности. Данная низкочастотная альфа-активность отмечается на фоне расслабленного состояния бодрствования, пониженного уровня возбуждения коры. Высокочастотный альфа-ритм (11-12 Гц) [9] также наблюдали при решении когнитивных задач.

[6] при изучении вычислительных операций при помощи позитронно-эмиссионной томографии выделил два способа осуществления ментальных процедур: использование лингвистического или зрительно-пространственного кодирования числовых стимулов с включением, соответственно, левых височных и билатеральных париетальных областей коры или прецентральной извилины и латеральной окципитальной коры.

Проведенный нами индивидуальный анализ обеих групп свидетельствует, что лучше всех с заданием справились лица с фокусом активности в лобно-центральных областях обоих полушарий и височно-центральных левого полушария. Похожие данные по активации лобно-центральных и височных зон коры при выполнении задачи мысленного счета были получены [5; 6].

Заключение

Современные представления о когнитивных процессах как функции распределения нейронных сетей позволяют предполагать, что в процесс реализации памяти при решении задач, наряду с лобными областями, включаются и другие корковые структуры [4; 7]. Наши данные свидетельствуют, что в удержании информации в кратковременной памяти немаловажную роль, кроме фронтальных отделов, играют височно-центральные области преимущественно того полушария, которое доминировало в процессе формирования этой информации.

Таким образом, регулярная и интенсивная практика релаксации способствует устойчивым изменениям корковой ритмики через синхронизацию активности генераторов альфа-ритма, которая способствует развитию таламо-кортикальных связей. Такое взаимодействие нейронных сетей как внутри одной частоты, так и за счет фазовой синхронизации обеспечивает лучшую пластичность мозга и является основой для качественно иных механизмов психофизиологического функционирования, когнитивной эффективности и обеспечения высокого уровня саморегуляции. Локализация же альфа-ритма в лобных и теменно-затылочных областях позволяет более эффективно выполнять задачи мысленного счета и минимизировать количество ошибок.

Список литературы

1. Горев А.С. Возрастные особенности нейрофизиологического обеспечения процессов произвольной регуляции функционального состояния у детей 10-11 лет // Новые исследования. - 2013. - Вып. № 4 (37). - С. 102-114.
2. Корюкалов Ю.И. Динамика биотоков мозга при концентрации внимания и визуализации во время релаксации // Вестник Челябинского государственного университета. - 2014. - № 4 (333). - С. 49-56.
3. Мачинская Р.И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания: аналитический обзор // ЖВНД. – 2003. – Т. 53, № 2. – С. 133-150.
4. Bunge S.A. Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: evidence from fMRI. / Bunge S.A., Dudukovic N.M., Thomason M.E., Vaidya C.J., Gabrieli J.D.E. // Neuron. -

2002. - 33. - P. 301–311.

5. Burbaud P., Degreze P., Franconu J.M. Lateralization of prefrontal activation during internal mental calculation: a functional magnetic resonance imaging study // *J. Neurophysiol.* - 1995. - V. 75. - P. 2194.

6. Dehaene S., Spelke E., Pinel P. et al. Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence // *Science.* - 1999. - V. 284. - P. 970.

7. Haxby J.V., Hoffman E.A., and Gobbini M.I. The distributed human neural system for face perception // *Trends in Cognitive Sciences.* - 2000. – 4. – P. 223–233.

8. Jones S.R., Pinto D.J., Kaper T.J., Koppell N. Alpha-frequency rhythms desynchronize over long cortical distances: a modeling study // *Comput. Neuroscience.* – 2000. – V. 9. – P. 271-291.

9. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillation: The inhibition-timing hypothesis // *Brain Res. Rev.* – 2007. - V. 53. – P. 63–88.

10. Popova T.V. Some of the brain mechanisms of the state of induced relaxation / Popova Tatiana Vladimirovna, Koryukalov Yury Igorevich, Kourova Olga Germanovna // *Advances in Bioscience and Bioengineering.* Ulrich's, ELSEVIER. - 2014. – 2 (2). - P. 8-13. Published online July 30, 2014 (<http://www.sciencepublishinggroup.com/j/abb>).

11. Schuher F., Schellenberg R., Dimpjd W: Reflection of mental exercise in the dynamic quantitative topographical EEG // *Neuropsychobiology.* - 1995. - V. 31. - № 2. - P. 98.

12. Serman M.B. and Mann C.A. Concepts and applications of EEG analysis in aviation performance evaluation // *Biol. Psychol.* – 1995. – 40.- P. 115-130.