

БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА ШКОЛЬНИКОВ С РАЗНОЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ УСПЕШНОСТЬЮ. СООБЩЕНИЕ 1. ДЕТИ С РАЗНОЙ АКАДЕМИЧЕСКОЙ УСПЕШНОСТЬЮ КАК ПРЕДСТАВИТЕЛИ ВОЗРАСТНОЙ НОРМЫ

О.Б. Гилева^{1, 2}

¹ Екатеринбургский институт физической культуры (филиал) УралГУФК, г. Екатеринбург, Россия

² Институт развития образования Свердловской области, г. Екатеринбург, Россия

Обоснование. Изучение биоэлектрической активности мозга позволяет получить картину функционирования головного мозга, в том числе и при когнитивной деятельности. Чувствительность этого метода позволяет выявить и объяснить тонкие различия детей – представителей возрастной нормы, имеющих разную академическую успешность. Однако необходимы дополнительные исследования для разработки и обоснования на основе этих различий мер психолого-педагогической поддержки школьников и повышения их академической успешности. **Цель:** изучить показатели ЭЭГ покоя и реакции на когнитивную нагрузку у группы испытуемых, детей 12 лет, и оценить соответствие этих показателей возрастной норме. **Материалы и методы.** Изучали ЭЭГ детей в возрасте 12 лет в количестве 26 девочек и 25 мальчиков. Регистрация ЭЭГ проводилась с помощью аппаратно-программного комплекса «CONAN-м», монтаж электродов – по системе 10–20. Исследование проводили в четырех экспериментальных условиях: в состоянии покоя и при когнитивной нагрузке, состоявшей в решении трех типов задач (вербально-логической, арифметической и задачи на пространственное вращение фигуры). Оценивали спектральные характеристики ЭЭГ в зависимости от условия регистрации. **Результаты.** Обнаружено, что преобладающая частота альфа-диапазона составила у девочек от 9,6 до 9,8 Гц, у мальчиков преобладающая частота альфа-диапазона несколько выше – 9,9–10,1 Гц. Реакция на когнитивную нагрузку несколько различалась в зависимости от типа задачи, но в целом состояла в некотором увеличении мощности тета- и бета-диапазонов, при снижении мощности биоэлектрической активности в альфа-диапазоне. У мальчиков обнаружен асимметричный, перекрестный тип активации с более выраженной депрессией альфа-ритма в левой фронтальной, темпоральной и правой затылочной областях. **Заключение.** В целом обследованные дети соответствовали норме, характерной для этого возраста, и по ЭЭГ покоя, и при когнитивной нагрузке.

Ключевые слова: школьники, биоэлектрическая активность мозга, академическая успешность.

Введение

В настоящее время в связи с прогрессом исследовательских технологий, а также углублением наших знаний о закономерностях функционирования нервной системы и головного мозга детей все большую популярность в возрастной физиологии приобретают методы изучения биоэлектрической активности мозга.

Так, показано, что биоэлектрическая активность в состоянии покоя хорошо соотносится со степенью школьной зрелости ребенка

и успешностью его обучения (Фарбер с соавт., 2000; Лапшина, 2009)

ЭЭГ оказывается весьма чувствительной к различным внешним воздействиям, ее параметры меняются при смене сезонов года или при пользовании мобильным телефоном (Вятлева с соавт., 2016; Грибанов с соавт., 2016), а также в ходе сеансов релаксации (Горев, 2013).

Когнитивная деятельность, ее характер и успешность также значительно меняют биоэлектрическую активность мозга детей. Так,

паттерн ЭЭГ различается в зависимости от успешности распознавания синтаксической ошибки и эмоциональной окраски этой деятельности (Аюшеева с соавт., 2017). Обнаружена также взаимосвязь параметров ЭЭГ и индивидуальных особенностей, таких как профиль латеральной организации ребенка (Соболева с соавт., 2013).

В целом можно сказать, что ЭЭГ – метод, позволяющий получать развернутую картину особенностей функционирования головного мозга, это делает его весьма перспективным и достаточно доступным средством возрастной физиологии и позволяет изучать различные аспекты нейрофизиологического обеспечения процессов развития детей, в том числе определять причины неуспешности школьников и подбирать психолого-педагогические приемы повышения академической успешности детей.

Однако для научно обоснованного применения этого метода в практике психолого-педагогического сопровождения учащихся необходимо максимально точно описать особенности и закономерности проявления ЭЭГ-феноменов у детей разного пола, возраста, образовательного статуса и успешности учебной деятельности с учетом секулярного тренда и кагорных различий. Поэтому любые исследования ЭЭГ у детей школьного возраста являются актуальными.

Цель данного сообщения – изучить показатели ЭЭГ покоя и реакции на когнитивную нагрузку у группы испытуемых – детей 12 лет.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие школьники в возрасте 12 лет – 26 девочек и 25 мальчиков. Обследование детей проводилось с письменного согласия родителей в стандартных условиях: в первой половине дня, при хорошем самочувствии обследуемых, со стандартной словесной инструкцией. Перед обследованием были проведены предварительные собеседования с родителями учащихся и педагогическим коллективом школ.

В обследование включались практически здоровые (I–II группы здоровья) дети; учащиеся, имевшие выраженные отклонения по здоровью, в том числе хронические заболевания, мозговые дисфункции, задержку психического развития, исключались из исследования.

Запись биоэлектрической активности мозга проводилась с помощью аппаратно-программного комплекса «CONAN-м» произ-

водства НПО «Информатика и компьютеры» (Россия) монополярно от 10 симметричных отведений: затылочных – O1, O2, теменных – P3, P4, центральных – C3, C4, височных – T3, T4, лобных F3, F4 с референтным правым ушным электродом. Локализация отведений определялась по международной системе «10–20»; частота пропускания 1–45 Гц.

ЭЭГ регистрировали в двух состояниях: в состоянии спокойного бодрствования (с закрытыми глазами и открытыми глазами) и во время решения экспериментальных задач. Экспериментальные задачи использовались трех типов: простые арифметические, вербально-логические и задачи на пространственное мышление.

Компьютерная обработка электроэнцефалографических данных осуществлялась с помощью ресурсов программы CONAN-м после ручного удаления артефактов методом быстрого преобразования Фурье, в анализ включались минутные отрезки записи ЭЭГ. Подвергнутые компьютерной математической обработке данные были представлены в виде оценок абсолютной мощности спектра ЭЭГ в диапазонах: тета-1 (4–6 Гц), тета-2 (6–7 Гц), альфа-1 (8–10 Гц), альфа-2 (10–13 Гц), бета-1 (14–20 Гц) в каждом из отведений.

Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием пакетов программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0 (StatSoft). Различия между выборками оценивались с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни.

Результаты

При изучении записей ЭЭГ было обнаружено, что среднее значение преобладающей частоты альфа-диапазона составило у девочек по отведению O1 – $9,80 \pm 0,29$ Гц, по отведению O2 – $9,64 \pm 0,28$ Гц, у мальчиков – $9,96 \pm 0,31$ и $10,12 \pm 0,29$ Гц соответственно.

На рис. 1 представлено пространственное распределение спектральных характеристик ЭЭГ активности по поверхности скальпа, отражающее половые различия. У мальчиков в левых фронтальной, височной, париетальной и центральных областях коры наблюдается более мощная ЭЭГ активность практически по всем исследуемым частотным диапазонам. В отведениях F4 и T4, наоборот – более мощную ЭЭГ активность продемонстрировали девочки. Затылочные отведения не показали однонаправленных половых различий.

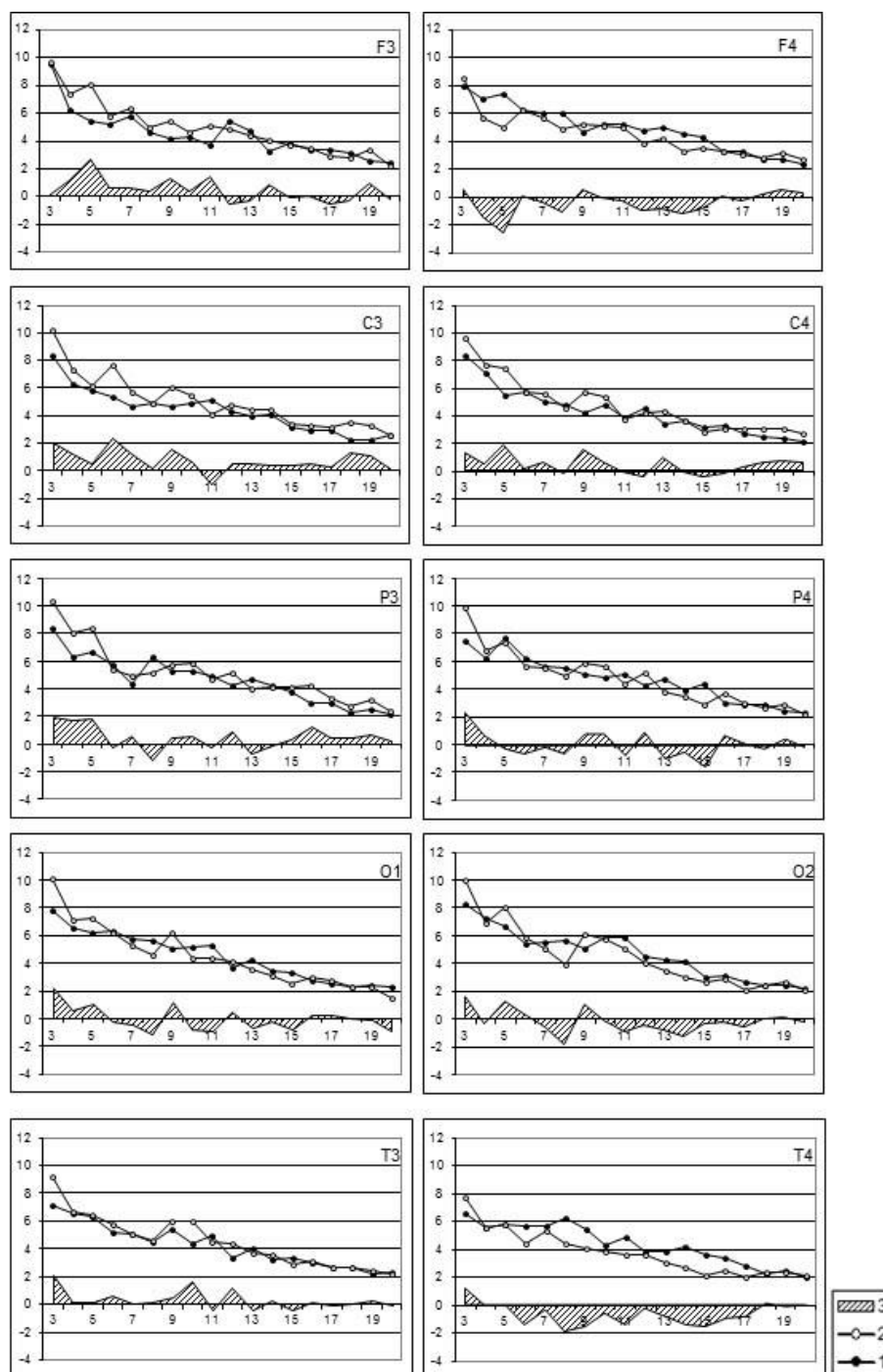


Рис. 1. Сравнение частотных спектров ЭЭГ по отведениям у девочек и мальчиков 12 лет: 1 – девочки; 2 – мальчики; 3 – разница
Fig. 1. Comparison of EEG frequency spectrum in 12-year-old males and females: 1 – females, 2 – males, 3 – difference

Преобладающая частота альфа-диапазона у мальчиков несколько выше, однако половые различия не значимы (для O1 $U = 0,29$ при $p = 0,772$, для O2 – $U = 1,12$ при $p = 0,262$).

Таким образом, обнаружено, что 12-летние дети демонстрируют некоторые половые различия, при этом, как правило, био-

электрическая активность мальчиков более мощная по сравнению с девочками.

В целом наши данные по ЭЭГ покоя хорошо согласуются с литературными и свидетельствуют о соответствии ЭЭГ исследованных детей возрастной норме (Горев, 2013; Фарбер с соавт., 2000.).

В целом реакция на предъявление когнитивной нагрузки у наших испытуемых сопровождалась реакцией активации, которая выражалась в некотором увеличении мощности тета- и бета-диапазонов, при снижении мощности биоэлектрической активности в альфа-диапазоне. Подобная реакция активации под-

ростков описана также другими авторами, которые также отмечают менее дифференцированное, по сравнению со взрослыми, вовлечение структур неокортекса (Аракелов с соавт., 2003).

В качестве примера на рис. 2 показано изменение спектральных характеристик ЭЭГ

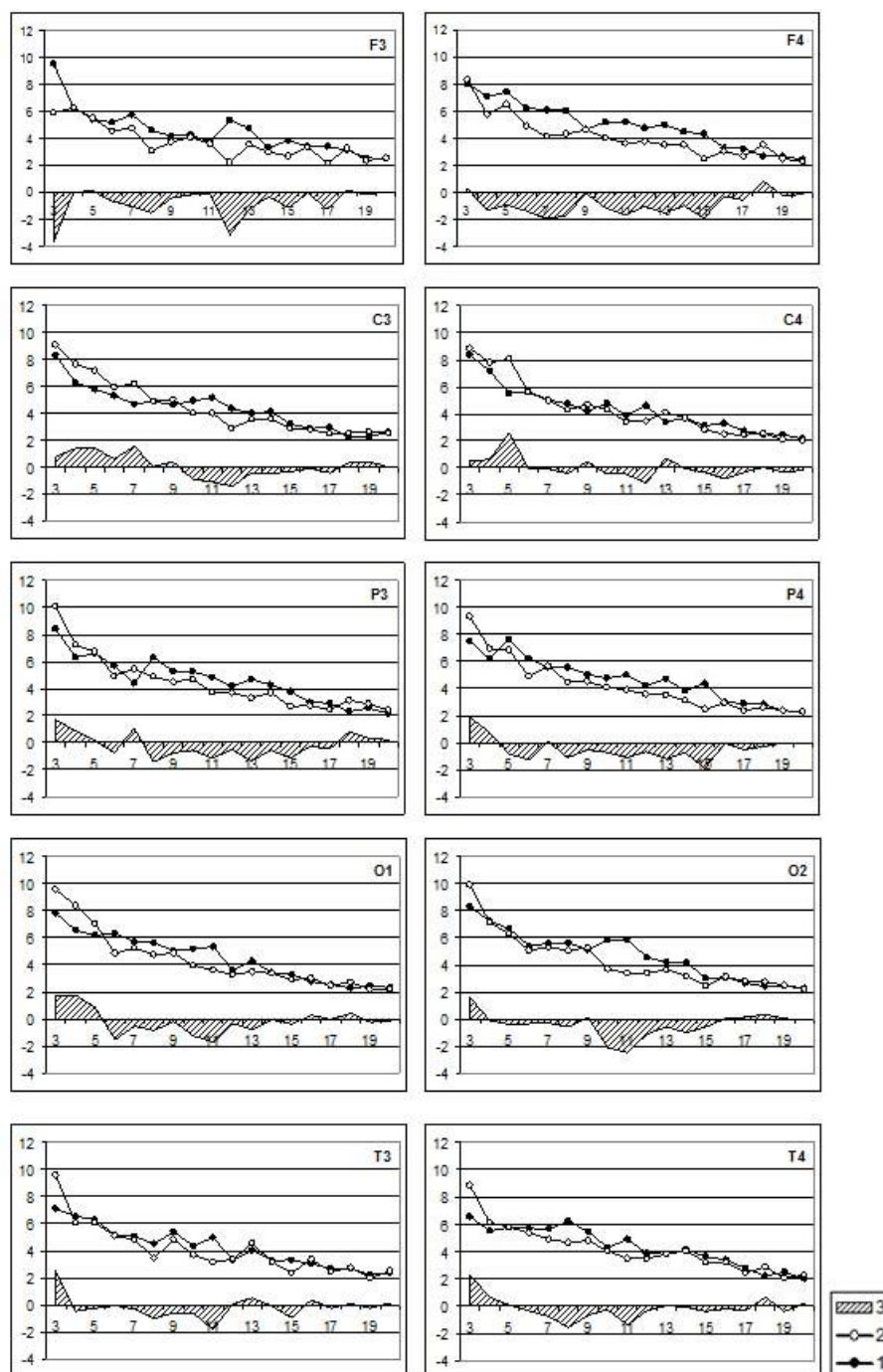


Рис. 2. Сравнение частотных спектров ЭЭГ по отведениям в покое и при решении арифметических задач у девочек 12 лет: 1 – в покое, 2 – интеллектуальная нагрузка, 3 – разница нагрузка – покой
Fig. 2. Comparison of EEG frequency spectrum at rest and when solving arithmetic tasks in 12-year-old females: 1 – at rest, 2 – cognitive load, 3 – load-rest difference

у девочек при решении арифметических задач. Наблюдается более или менее значительное повышение мощности тета-диапазона при незначительном повышении мощности в бета-диапазоне по всем отведениям, за исключением отведений F3 и F4. По отведениям F3 и F4 происходило снижение мощности практически по всем частотным диапазонам.

При предъявлении вербально-логических задач, в отличие от арифметических, в отведении F3 происходило повышение мощности альфа-диапазона. Предъявление задач на зрительно-пространственное мышление снижало мощность практически всех частотных диапазонов при увеличении мощности тета-активности по всем отведениям, кроме левого фронтального, где повышалась бета-активность, и центральных, где повышалась мощность альфа-диапазона.

Характерной особенностью реакции ЭЭГ мальчиков на предъявление когнитивной нагрузки (рис. 3) являлось появление межполушарной асимметрии биоэлектрической активности.

Это проявлялось в более выраженной депрессии альфа-ритма в левой фронтальной, темпоральной и правой затылочной областях. Межполушарная асимметрия, возникающая при проведении когнитивных проб, описана для взрослых испытуемых как перекрестный тип активации (Павлова с соавт., 1988).

Предъявление арифметических и вербально-логических задач вызывало у мальчиков изменения ЭЭГ, соответствующие описанной выше реакции активации с повышением мощности тета- и бета-диапазонов, характерной для подростков. Реакция ЭЭГ на зрительно-пространственные задачи имело некоторые особенности: пик мощности в области 7–8 Гц по всем отведениям; реакция активации (снижение мощности альфа2-диапазона при повышении мощности бета- и тета1-диапазона) в передне-центральных отведениях правого полушария и обоих затылочных и височных отведениях.

В целом реакция активации наших испытуемых соответствует норме для детей этого возраста.

Обсуждение

Как известно, в ЭЭГ представлены различные ритмические компоненты, при этом наибольшее внимание исследователей привлекает альфа-диапазон (7–13 Гц). Альфа-

ритм, основной ритм покоя, является также основным диагностическим признаком определения нормы биоэлектрической активности мозга детей. Частоту этого ритма и его преобразования с возрастом связывают с процессами созревания нейронного аппарата коры больших полушарий; несоответствие нормам характеристик альфа-ритма – с отклонениями развития (Казакова с соавт., 2009).

Известно, что этот диапазон имеет сложный ритмический состав: низко-, средне- и высокочастотная ритмические составляющие (соответственно 7–9 Гц, 9–11 Гц и 11–13 Гц), для которых выявлена топографическая неоднородность и функциональная специфичность (Мачинская, 2003).

Считается, что альфа-ритм играет важную роль в объединении мозговых структур при различных видах когнитивной или сенсорной деятельности, он формирует основу функциональной системы будущей когнитивной деятельности в соответствии с внутренним планом или инструкцией (Горев, 2013; Мачинская, 2003).

Обнаружено также, что альфа-индекс на ЭЭГ покоя положительно связан с успешностью решения корректурной пробы Бурдона, а тета-индекс – отрицательно (Станкова с соавт., 2018).

Исходя из этого, важно понять, являются ли наши испытуемые представителями нормы и не представляют ли они какого-либо исключения или особого случая.

Согласно данным, приведенным в литературе, преобладающая частота альфа-диапазона по разным источникам составляет 9–11 Гц (Горев, 2013; Лапшина, 2009; Фарбер с соавт., 2000). Полученные нами данные также входят в этот диапазон.

Обращает также на себя внимание то обстоятельство, что преобладающая частота альфа-диапазона девочек несколько ниже, чем у мальчиков.

Известно, что у подростков, находящихся на II–III стадии полового созревания, происходит снижение частоты альфа-ритма, которые рассматриваются как регрессивные изменения ЭЭГ, поэтому половые различия по этому параметру у наших испытуемых можно объяснить более ранним началом пубертата у девочек, что также хорошо известно. У мальчиков подобные изменения наступают в возрасте 14–15 лет (Безруких и др., 2009). Поэтому половые различия в нашем

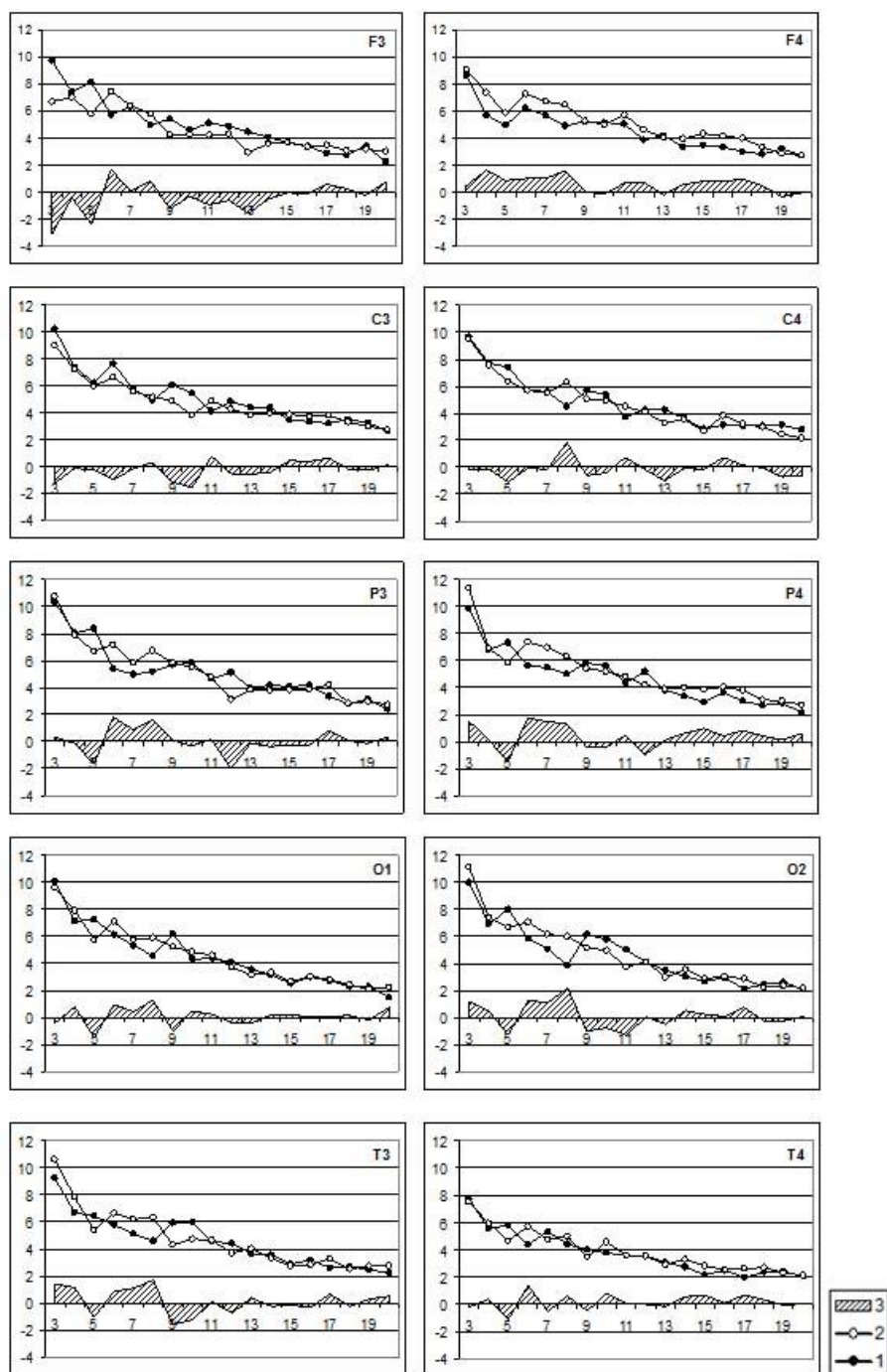


Рис. 3. Сравнение частотных спектров ЭЭГ по отведениям в покое и при решении арифметических задач у мальчиков 12 лет: 1 – в покое, 2 – интеллектуальная нагрузка, 3 – разница нагрузка – покой
 Fig. 3. Comparison of EEG frequency spectrum at rest and when solving arithmetic tasks in 12-year-old males: 1 – at rest, 2 – cognitive load, 3 – load-rest difference)

случае также соответствует показателям возрастной нормы.

В целом можно сказать, что полученные нами данные о характеристиках ЭЭГ детей 12 лет согласуются с данными других авторов и соответствуют норме для этого возраста.

Рассмотрим изменения ЭЭГ при предъяв-

лении когнитивной нагрузки. Показано, что у подростков обнаруживается особый тип реакции активации, который характеризуется усилением тета- и бета-активности (Аракелов с соавт., 2003). Также отмечается, что реакция испытуемых на когнитивную нагрузку может различаться в зависимости от характера зада-

чи и ее субъективной сложности, пола и возраста испытуемых (Нейродинамика мозга..., 1974; Rocha et al., 2005).

Для взрослых испытуемых описан также перекрестный тип активации, когда снижение мощности альфа-диапазона происходит в левой фронтальной и правой окципитальной области, отмечается, что наличие этого типа активации коррелирует с успешным решением задачи (Звягина с соавт., 2007; Павлова с соавт., 1988).

Некоторые исследователи также отмечают различия реакции активации у девочек и мальчиков, более раннее достижение зрелости головного мозга у девушек, при этом подчеркивается, что головной мозг лиц женского и мужского пола может использовать несколько различные стратегии для достижения сходных результатов, половые различия усиливаются с возрастом (Lenroot et al., 2010; Rubia et al., 2010).

На нашем материале также обнаруживаются половые различия реакции на когнитивную нагрузку. Так, перекрестный тип активации наблюдается только у мальчиков. Отсутствие этого типа активации у девочек может быть связано с пубертатными регрессивными изменениями, и тогда эти различия нивелируются с возрастом, либо с формирующимися особенностями мужского и женского мозга, и в этом случае различия будут даже усиливаться.

На данном материале не представляется возможным определить причины этих половых различий, однако это может стать темой для дальнейших, в том числе лонгитюдных исследований.

Анализ реакции ЭЭГ на интеллектуальную нагрузку наших испытуемых также показал отсутствие ярко выраженной специализации полушарий, характерной для взрослых людей. Это также соответствует данным других авторов, отмечающих у подростков менее дифференцированное вовлечение структур неокортекса в организацию деятельности и разнообразие реакций на предъявление когнитивной нагрузки (Аракелов с соавт., 2003).

В целом можно сказать, что картина изменения ЭЭГ при предъявлении когнитивной нагрузки наших испытуемых хорошо согласуется с результатами других исследований и соответствует возрастным особенностям подростков этого возраста.

Заключение

Таким образом, при изучении электрической активности головного мозга детей 12 лет показано, что обследованная выборка и по показателям ЭЭГ покоя, и по особенностям реакции ЭЭГ на когнитивную нагрузку соответствует возрастной норме для испытуемых данного возраста.

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература

1. Аракелов, Г.Г. Изменение узкочастотных ЭЭГ-показателей при арифметическом счете у младших школьников / Г.Г. Аракелов, А.В. Фефилов // Психологический журнал. – 2003. – № 5. – С. 81–87.
2. Аюшеева, Т.А. Поведенческие и ЭЭГ-реакции младших школьников на вербальные стимулы с различной эмоциональной окраской и условием собственного или навязанного выбора / Т.А. Аюшеева, А.Н. Савостьянов, А.Е. Сапрыгин, В.В. Степанова // Социальная психология и общество. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 72–90. DOI: 10.17759/sps.2017080406
3. Безруких, М.М. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка / М.М. Безруких, Р.И. Мачинская, Д.А. Фарбер // Физиология человека. – 2009. – № 6. – С. 10–24.
4. Вятлева, О.А. Физиолого-гигиеническая оценка влияния мобильных телефонов различной интенсивности излучения на функциональное состояние головного мозга детей и подростков методом электроэнцефалографии / О.А. Вятлева, Л.М. Текшева, А.М. Курганский // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 10. – С. 965–968. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-965-968
5. Горев, А.С. Возрастные особенности нейрофизиологического обеспечения процессов произвольной регуляции функционального состояния у детей 10–11 лет / А.С. Горев // Новые исследования. – 2013. – № 4. – С. 102–114.
6. Грибанов, А.В. Фотопериодизм и изменения биоэлектрической активности головного мозга у школьников Арктической зоны / А.В. Грибанов, Ю.С. Джос, Т.В. Багрецова, И.С. Бирюков // Физиология человека. – 2016. – Т. 42, № 2. – С. 16–26. DOI: 10.7868/S0131164616020065

7. Звягина, Н.В. Возрастная реорганизация биоэлектрической активности мозга в процессе зрительного восприятия / Н.В. Звягина, И.В. Матигорова // Вестник Поморского университета. Серия: Физиологические и психолого-педагогические науки. – 2007. – № 1. – С. 36–43.
8. Казакова, Е.В. Показатели функциональной зрелости коры больших полушарий головного мозга у первоклассников групп риска раннего дизонтогенеза / Е.В. Казакова, Л.В. Соколова, Т.С. Копосова // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 5. – С. 13–18.
9. Лапина, Л.М. Некоторые особенности биоэлектрической активности мозга (альфа-ритм) детей младшего школьного возраста, имеющих диагноз F70 / Л.М. Лапина // Вестник ЧГПУ: Биологические науки. – 2009. – № 7. – С. 290–296.
10. Мачинская, Р.И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания: аналитический обзор / Р.И. Мачинская // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2003. – Т. 53, № 2. – С. 133–150.
11. Нейродинамика мозга при оптико-гностической деятельности / под ред. Е.А. Жирмунской, Э.С. Бейн. – М.: Медицина, 1974. – 159 с.
12. Павлова, Л.П. Системный подход к психофизиологическому исследованию мозга человека / Л.П. Павлова, А.Ф. Романенко. – Л.: Наука, 1988. – 213 с.
13. Соболева, И.В. Возрастные особенности пространственно-временной организации ЭЭГ учащихся с различным профилем латеральной организации. Сообщение 1. Спектры мощности ЭЭГ / И.В. Соболева, Е.С. Наумова // Валеология. – 2013. – № 3. – С. 133–143.
14. Станкова, Е.П. Функциональное объединение корковых полей в покое как механизм преднастройки мозга к целенаправленной деятельности / Е.П. Станкова, А.Н. Шеповальников // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 6. – С. 5–14.
15. Фарбер, Д.А. Функциональная организация развивающегося мозга в формировании когнитивной деятельности / Д.А. Фарбер, Т.Г. Бетелева, А.С. Горев и др. // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты / под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М., 2000. – С. 82–105.
16. Lenroot, R.K. Sex differences in the adolescent brain / R.K. Lenroot, J.N. Giedd // Brain Cogn. – 2010. – Vol. 72 (1). – P. 46–55.
17. Rocha, F.T. Brain mappings of the arithmetic processing in children and adults / F.T. Rocha, A.F. Rocha, E. Massad, R. Menezes // Cognitive Brain Research. – 2005. – Vol. 22, № 3. – P. 359–372. DOI: 10.1016/j.cogbrainres.2004.09.008
18. Rubia, K. Effects of age and sex on developmental neural networks of visual-spatial attention allocation / K. Rubia, Z. Hyde, R. Halari et al. // Neuroimage, 2010. – Vol. 51 (2). – P. 817–827. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.02.058

Гилева Ольга Борисовна, доктор биологических наук, профессор, Екатеринбургский институт физической культуры (филиал) УралГУФК, (Екатеринбург); профессор, Институт развития образования Свердловской области (Екатеринбург), ogileva@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7587-9759

Поступила в редакцию 15 февраля 2020 г.

BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE BRAIN IN PUPILS WITH DIFFERENT ACADEMIC SUCCESS. REPORT 1. CHILDREN WITH DIFFERENT ACADEMIC SUCCESS AS REPRESENTATIVES OF THE AGE NORM

O.B. Gileva^{1,2}, ogileva@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7587-9759

¹ Ekaterinburg Institute of Physical Education, Ekaterinburg, Russian Federation

² Institute of Educational Development, Ekaterinburg, Russian Federation

Background. Studying the bioelectric activity of the brain allows scientists to get a picture of brain functioning, including cognitive activity. The sensitivity of this method allows identifying and explaining subtle differences between children with different academic success, representatives of the age norm. However, additional research is needed to develop and substantiate measures of psychological and pedagogical support for schoolchildren for increasing their academic success. **Aim.** The paper aims to study rest and cognitive load EEG data in 12-year-old children and assess the compliance of these data with the age norm. **Materials and methods.** Twelve-year-old children participated in the study, both males ($n = 25$) and females ($n = 26$). The EEG was recorded using the CONAN-m equipment, and the electrodes were mounted according to a 10–20 system. The study was carried out under four experimental conditions: at rest and under cognitive load, which consisted of solving three types of tasks (verbal-logical, arithmetic, and spatial rotation of a figure). EEG spectral characteristics were evaluated depending on the recording conditions. **Results.** It was found that predominant alpha-range frequency in females was from 9.6 to 9.8 Hz, in boys it was slightly higher (about 9.9–10.1 Hz). Response to cognitive load was slightly different depending on the type of task. In general, it consisted of a slight increase in theta and beta ranges and a decrease in bioelectric activity in the alpha range. In males, an asymmetric, cross-type activation was found with a more pronounced alpha rhythm depression in the left frontal, temporal and right occipital regions. **Conclusion:** In general, the examined sample corresponded to the age norm according to rest and cognitive load EEG.

Keywords: pupils, bioelectric activity of the brain, academic success.

References

1. Arakelov G.G., Fefilov A.V. [Peculiarities of low band-width frequency EEG-indices changing during arithmetical calculation in schoolchildren]. *Psikhologicheskii zhurnal* [Psychological journal], 2003, no. 5, pp. 81–87. (in Russ.).
2. Aiusheeva T.A., Saprygin A.E., Savostyanov A.N., Stepanova V.V. [Behavioral and EEG reactions in primary school-aged children to emotionally colored verbal stimuli with the condition of their own or forced choice]. *Sotsial'naya psikhologiya i obshchestvo* [Social Psychology and Society], 2017, vol. 8, no. 4, pp. 72–90. DOI: 10.17759/sps.2017080406 (in Russ.).
3. Bezrukikh M.M., MacHinskaya R.I., Farber D.A. [Structural and functional organization of a developing brain and formation of cognitive functions in child ontogeny]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2009, vol. 35, no. 6, pp. 10–24. (in Russ.).
4. Vyatleva O.A., Teksheva L.M., Kurgansky A.M. [Physiological and hygienic assessment of the impact of mobile phones with various radiation intensity on the functional state of brain of children and adolescents according to electroencephalographic data]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene & sanitation], 2016, vol. 95, no. 10, pp. 965–968 (in Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-965-968
5. Gorev A.S. [Age-specific neurophysiological basis of voluntary regulation of functional state in children aged 10–11 years old]. *Novye issledovaniya* [New study], 2013, no. 4, pp. 102–114. (in Russ.).
6. Gribanov A.V., Dzhos Y.S., Bagretsova T.V., Biruykov I.S. [Photoperiodism and changes in brain bioelectric activity in schoolchildren in the arctic zone]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2016, vol. 42, no. 2, pp. 128–136. DOI: 10.7868/S0131164616020065 (in Russ.).
7. Zvyagina N.V., Matigorova I.V. [Age-related reorganization of bioelectric activity of the brain in the process of visual perception]. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Seriya: Fiziologicheskie*

i psikhologo-pedagogicheskie nauki [Bulletin of the Pomeranian University. Series: Physiological and psychological-pedagogical Sciences], 2007, no. 1, pp. 36–43. (in Russ.).

8. Kazakova E.V., Sokolova L.V., Koposova T.S. [Indicators of functional maturity of cerebral hemispheres in first-year primary school students from the risk groups for early dysontogeny]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2009, vol. 35, no. 5, pp. 13–18. (in Russ.).

9. Lapshina L.M. [Some features of bioelectric activity of the brain (alpha-rhythm) of primary school children diagnosed with F70]. *Vestnik ChGPU: Biologicheskie nauki* [Bulletin of CHPU: Biological Sciences], 2009, no. 7, pp. 290–296. (in Russ.).

10. Machinskaya R.I. [Neurophysiological mechanisms of voluntary attention: a review]. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I.P. Pavlova* [Zh Vyssh Nerv Deiat Im I.P. Pavlova], 2003, vol. 53, no. 2, pp. 133–150. (in Russ.).

11. *Neirodinamika mozga pri optiko-gnosticheskoi deyatel'nosti* [Neurodynamics of the brain in opto-Gnostic activity]. Ed. E.A. Zhirmunskaya, E.S. Bein. Moscow, Medicine Publ., 1974. 159 p. (in Russ.).

12. Pavlova L.P., Romanenko A.F. *Sistemnyi podkhod k psikhofiziologicheskomu issledovaniyu mozga cheloveka* [System approach to psychophysiological research of the human brain]. Leningrad, Nauka, 1988. 213 p. (in Russ.).

13. Soboleva I.V., Naumova E.S. [Age features of the space-time organization of the EEG of pupils with different profile of lateral organization. Part 1. EEG power spectra]. *Valeologiya* [Journal of health and life sciences], 2013, no. 3, pp. 133–143. (in Russ.).

14. Stankova E.P., Shepovvalnikov A.N. [Functional connectivity of cortical fields at rest as a mechanism of brain preparation to purposeful activity]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2018, vol. 44, no. 6, pp. 5–14. (in Russ.).

15. Farber D.A., Beteleva T.G., Gorev A.S. et al. *Funktsional'naya organizatsiya razvivayushchegosya mozga v formirovanii kognitivnoi deyatel'nosti* [Functional organization of the developing brain in the formation of cognitive activity] *Fiziologiya razvitiya rebenka: teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Physiology of child development: theoretical and applied aspects]. Ed. M.M. Bezrukikh, D.A. Farber. Moscow, 2000. pp. 82–105. (in Russ.).

16. Lenroot R.K., Giedd J.N. Sex differences in the adolescent brain. *Brain Cogn*, 2010, vol. 72 (1), pp. 46–55.

17. Rocha F.T. Rocha A.F., Massad E., Menezes R. Brain mappings of the arithmetic processing in children and adults. *Cognitive Brain Research*, 2005, vol. 22, no. 3, pp. 359–372. DOI: 10.1016/j.cogbrainres.2004.09.008

18. Rubia K., Hyde Z., Halari R., Giampietro V., Smith A. Effects of age and sex on developmental neural networks of visual-spatial attention allocation. *Neuroimage*, 2010, vol. 51 (2), pp. 817–827. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2010.02.058

Received 15 February 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гилева, О.Б. Биоэлектрическая активность головного мозга школьников с разной академической успешностью. Сообщение 1. Дети с разной академической успешностью как представители возрастной нормы / О.Б. Гилева // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13, № 2. – С. 76–85. DOI: 10.14529/jpps200207

FOR CITATION

Gileva O.B. Bioelectric Activity of the Brain in Pupils with Different Academic Success. Report 1. Children with Different Academic Success as Representatives of the Age Norm. *Psychology. Psychophysiology*. 2020, vol. 13, no. 2, pp. 76–85. (in Russ.). DOI: 10.14529/jpps200207