

# ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА РИТМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА. УРОВЕНЬ ТРЕВОЖНОСТИ И ЭЭГ-ИНДЕКСЫ

*КУСТУБАЕВА А.М., Казахский национальный университет, Алматы*

Настоящая работа посвящена актуальной теме изучения возрастной динамики активности коры головного мозга, а также связи изменений в паттернах ЭЭГ и общим уровнем тревожности. В статье представлены результаты исследования двух выборок детей: экспериментальных групп (воспитанники детского дома (Д) – две группы) и контрольных групп (К) – дети, воспитывающиеся в условиях семьи (четыре группы). Поскольку, согласно описанным в литературе закономерностям становления ритмов ЭЭГ в процессе онтогенеза, основным направлением изменений является уменьшение спектральной мощности медленных и увеличение быстрых ритмов, то в своей работе мы предположили, что у детей группы Д представленность низкочастотных ритмов будет больше, а высокочастотных ритмов меньше относительно контрольной группы. Результаты исследования свидетельствуют о том, что спектральные характеристики ритмов у испытуемых группы Д отличаются от тех же показателей у испытуемых контрольной группы только в диапазоне медленных волн; кроме того, у детей группы Д в возрасте 11–12 лет выявлен более высокий уровень личностной тревожности, что нашло отражение в индексе Альфа/Дельта.

**Ключевые слова:** ЭЭГ-ритмы, системогенез, возраст, тревожность.

Изучение возрастных закономерностей электрической активности коры головного мозга является необходимым условием как для дальнейшего развития теоретического понимания формирования функций мозга и психических процессов, так и для практического обеспечения нормального физиологического и психического развития ребенка в различных социальных условиях. Рассмотрение процесса развития коры головного мозга с позиций системогенеза позволяет осуществить анализ, сравнение и сопоставление психических и физиологических особенностей ее созревания в непрерывности поведенческого континуума (Александров, Сергиенко, 2003, с. 98). Согласно закономерностям системогенеза, по мере гетерохронного созревания отдельных структур функциональной системы при взаимодействии со все более сложной окружающей средой наблюдается переход от менее дифференцированного к более высокодифференцированному поведению (Швырков, 1995; Александров, 1995, 2009; Чуприкова, 1990; Сергиенко, 2009 и др.).

Известно, что развитие ЭЭГ-ритмов мозга в филогенезе предполагает постепенный переход доминирующего ритма мозга от низкочастотного к более высокочастотному. Например, у рептилий доминирует дельта-ритм, у низших млекопитающих – тета-ритм (MacLean, 1990). Г. Г. Князев (2004) рассматривает дельта-, тета- и альфа-ритмы как иерархическую систему, находящуюся в соотношении с тремя эволюционными системами мозга – стволовой, лимбической и корково-таламической. Согласно данной теории, дельта-ритм связан с витальными и биологическими мотивациями, альфа-ритм отражает процессы «восприятия и распознавания паттернов окружающей среды», а тета-ритм – эмоциональные процессы (Князев, 2004, с. 572). С точки зрения Ю. И. Александрова, эмоции характеризуют эволюционно ранние, «старые» системы мозга с низкой дифференциацией функций (Александров, 1995, 2006), которые, вероятно, связаны с преобладанием более медлен-



ных ритмов в ЭЭГ. Усложнение дифференциации среды способствует развитию «новых» высококодифференцированных систем, что сопровождается увеличением более быстрых волн электрической активности по мере взросления человека; подобная динамика наблюдается также и в онтогенезе.

Онтогенетический аспект развития ЭЭГ-ритмов мозга затрагивался многими исследователями – первоначально в виде описания линейных, а затем и нелинейных изменений медленных волн в сторону уменьшения и быстрых волн в сторону увеличения с возрастом (Matousek, Petersen, 1973; John et al., 1980; Matthis et al., 1980; Gasser et al., 1988 и др.). Данную закономерность с позиций системного подхода можно представить как уменьшение коэффициента, выражающего отношение «числа менее дифференцированных систем к числу более дифференцированных систем» по мере усложнения дифференциации взаимоотношений с внешней средой (Александров, 2006, с. 316). Многие исследователи выделяют учащение ведущего альфа-ритма как один из основных критериев в детерминации степени морфофункционального созревания мозга детей (Дубровинская, 1985; Фарбер, 1969; Фарбер, Алферова, 1972; Благосклонова, Новикова, 1994; Бияшева, Швецова, 1981 и др.). Интенсивность системогенеза различается как в пространственном, так и во временном диапазоне. Наиболее интенсивно возрастные изменения наблюдаются в первые недели после рождения (Апоkhin et al., 1996). Согласно анатомическим исследованиям, созревание происходит в непрерывной динамике переходов прогрессивных и регрессивных процессов и максимальная интенсивность наблюдается в течение возрастного периода до двух лет. Лонгитюдные исследования с использованием МРТ выявили увеличение белого вещества по всему мозгу и локальные изменения с U-образной динамикой серого вещества с различным темпом в различных структурах (Lenroot, Giedd, 2006). Максимальная интенсивность увеличения синаптической плотности в зрительных зонах наблюдалась к четырем месяцам, а в префронтальной коре – только к четырем годам. Процессы уменьшения медленных ритмов и повышения быстрых ритмов происходят быстрее в теменно-затылочных, чем в передних, областях мозга (Taylor, Baldeweg, 2002; Werkle-Bergner et al., 2006), в том же направлении изменяется траектория максимальной пластичности мозга (Chugani et al., 1987).

Степень функционального созревания мозга соответствует степени развития психических процессов. Многолетние исследования созревания активности мозга позволили определить ЭЭГ-критерии функциональной зрелости регуляторных структур от I до IV степени (Фарбер, 1969; Фарбер, Безруких, 2001; Мачинская и др., 1997 и др.). Результаты других исследований показали, что функциональная зрелость коррелирует с успеваемостью детей, функциями внимания (Мачинская и др., 1997; Мачинская, Крупская, 2008). М. Веркль-Бернер с соавторами (Werkle-Bergner et al., 2006), используя методы МРТ и ЭЭГ, осуществили попытку рассмотрения процесса функционального созревания мозга и изменения функций памяти с точки зрения анатомических и физиологических возрастных трансформаций. Согласно когнитивным моделям, новые созревающие структуры требуют вовлечения более ранних структур для отображения идей и понятий более высокого уровня (Shrager, Johnson, 1996). Необходимо отметить, что результаты представленных выше исследований согласуются с основными положениями системного подхода: «новые», более высококодифференцированные структуры постоянно требуют вовлечения «старых», так как они не взаимозаменяются, а «наслаиваются» (Швырков, 1995; Александров, 1995, 2006, 2009).

Безусловно, окружающая среда влияет на формирование электрической активности мозга в процессе индивидуального развития. Так, дети, растущие в условиях повышенно-

го риска заболеваний, обнаруживают более медленное снижение тета-ритма и выраженную вариабельность различных ЭЭГ-ритмов по сравнению с детьми, растущими в более благоприятных условиях (Harmony et al., 1988). Дети, находящиеся в условиях семейной депривации, характеризуются иной динамикой развития понимания эмоций, нежели дети, воспитывающиеся в семьях (Сергиенко, 2006). В некоторых исследованиях отмечена определенная специфика в развитии интеллектуальной и аффективно-потребностной сфер у детей, находящихся в условиях материнской депривации, которая проявляется в обедненности эмоционально-мотивационной сферы, ориентированности на внешний контроль, в неприятии себя, недоверии к людям, деструктивной агрессии (Прихожан, Толстых, 2005; Прихожан, 2000), что, с нашей точки зрения, и должно находить свое отражение как в показателях уровня функционального созревания активности головного мозга, так и в показателях уровня тревожности детей.

Существуют исследования, подтверждающие тот факт, что тревожность является предвестником многих психических и соматических заболеваний, девиантного и аддиктивного поведения, что определяет необходимость ее диагностики на ранних этапах до появления первых симптомов острого психосоматического расстройства или отклонений в поведении (Siciliani et al., 1975; Smit et al., 2007; Blackhart et al., 2006; Павленко и др., 2009 и др.). Авторы предлагают использование ЭЭГ-показателей как хороших индикаторов тревожности. В частности, ими высказывается мнение о том, что более высокая ЭЭГ-активность правой фронтальной зоны связана с симптомами депрессии, тревожности и повышенной эмоциональности (Blackhart et al., 2006). Тревожность ассоциируется также с эффектом связывания (coupling) между медленными и быстрыми волнами ЭЭГ (Кнуязев et al., 2005 и др.). В некоторых исследованиях отмечают более высокий уровень дельта- и бета- активности и низкий уровень альфа-активности у высокотреховных лиц (Павленко и др., 2009; Черный, 2007 и др.).

Таким образом, *целью* данного исследования явилось выявление различий в показателях возрастной динамики активности коры головного мозга (показателях спектральной мощности основных ритмов ЭЭГ) и уровня тревожности между двумя выборками испытуемых – детьми, проживающими в детском доме, и детьми контрольной группы.

#### *Гипотезы исследования:*

1. Динамика развития ЭЭГ-ритмов у обследуемых детей соответствует общей закономерности уменьшения спектральной мощности низкочастотных ритмов и увеличения высокочастотных ритмов в онтогенезе.

2. Возрастная динамика изменений ЭЭГ-ритмов различается у испытуемых двух основных выборок: у детей, воспитывающихся в условиях семьи, и воспитанников детского дома.

3. Уровень тревожности в группе Д выше по сравнению с уровнем тревожности детей контрольной группы, что находит свое отражение в ЭЭГ-показателях.

*Испытуемые.* В исследовании приняли участие 115 детей, распределенных по следующим возрастным группам: I – от 6 до 7 лет (20 чел.), II – от 11 до 12 лет (40 чел.), III – от 14–15 лет (35 чел.), IV – от 17 до 18 лет (20 чел.). Из них 40 детей проживали в детском доме (группы Д: II – 20 чел. и III – 20 чел.), 55 человек обучались в средней школе-гимназии, проживали в семьях (группы К: I – 20 чел., II – 20 чел., III – 15 чел.). В IV возрастную группу (К: IV – 20 чел.) вошли студенты 1-го курса Казахского национального университета имени аль Фараби (г. Алматы). Группы были уравновешены по гендерному критерию (50 % де-



вочек и 50% мальчиков, за исключением III контрольной группы, в которую вошли 7 мальчиков и 8 девочек).

### Методика

*Тревожность.* Уровень тревожности определялся с помощью теста Ч. Д. Спилбергера, адаптированного Ю. Л. Ханиным (1976), до проведения ЭЭГ-исследования.

*ЭЭГ-исследование.* ЭЭГ-запись производилась монополярно с восьми симметричных фронтальных (F3, F4), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4) и затылочных (O1, O2) областей мозга по системе 10–20% с индифферентным ушным электродом при помощи компьютеризированного электроэнцефалографа фирмы «Medicor 8S» (Венгрия), оснащенного программным обеспечением ЭЭГлаб (Вильдавский, 1996). Обследуемые находились в затемненном помещении, изолированном от шума и электромагнитных волн.

*Процедура записи ЭЭГ включала ситуации:* 1. Спокойное бодрствование с закрытыми глазами (2 мин); 2. Спокойное бодрствование с открытыми глазами (2 мин.); 3–7. Фотостимуляции 4, 6, 8, 10, 12 Гц (ФС, последовательно по 30 сек); 8. Гипервентиляция (ГВ, 2 мин); 9. Восстановление после ГВ (2 мин); 10. Задержка дыхания (ЗД, 30 сек); 11. Восстановление после ЗД (1 мин). В данной работе представлены только показатели спектральной мощности фоновых значений при закрытых и открытых глазах, гипервентиляции и восстановления после гипервентиляции.

*Анализ ЭЭГ.* Спектрально-когерентный анализ на основании быстрого преобразования Фурье данных производился с помощью программы В. Вильдавского после удаления отрезков ЭЭГ, содержащих артефакты, для следующих ритмов ЭЭГ: *дельта* – 0,2–3,8 Гц; *тета* – 4–7,8 Гц; *альфа1* – 8–10,8 Гц; *альфа2* – 11–13,8 Гц; *бета1* – 14–19,8 Гц; *бета2* – 20–29,8 Гц; *гамма1* – 30–34,8 Гц; *гамма2* – 35–45 Гц. Индивидуальные показатели спектральной плотности мощности (СПМ) и функции когерентности (КоГ) ритмов ЭЭГ по каждой изучаемой ситуации переносились в файл SPSS15, где производилась дальнейшая статистическая обработка. Все данные проходили процедуру нормализации  $Y = \log X$ . Альфа-мода в возрастных группах определялась с помощью графиков в программном обеспечении Вильдавского.

#### *Статистические гипотезы:*

*Гипотеза 1.* Однофакторный дисперсионный анализ (one way ANOVA) на основании post hoc tests с использованием критерия LSD и Bonferroni суммарных и локальных показателей спектральной мощности различных ритмов и ЭЭГ-индексов (Тета/Альфа2, Альфа/Дельта, индексы ГВ и восстановления после ГВ, индекс подавления альфа-ритма при открывании глаз) предполагает получение статистически достоверных различий между возрастными группами.

Нуль-гипотеза: достоверные различия суммарной и локальной спектральной мощности ритмов и ЭЭГ-индексов между возрастными группами не наблюдаются.

*Гипотеза 2.* Суммарная и локальная спектральная мощность ЭЭГ-ритмов достоверно отличаются в группах Д и К в диапазоне медленных волн (многофакторный дисперсионный анализ, MANOVA). Альфа-мода в соответствующих возрастных группах у детей группы Д имеет более низкое значение, чем у детей группы К (программа Вильдавского).

Нуль-гипотеза: отсутствие достоверного эффекта влияния социального фактора на ЭЭГ-показатели. Значения альфа-моды не отличаются в группах Д и К.

*Гипотеза 3.* Уровень тревожности (УТ), определяемый с помощью опросника Спилбергера–Ханина, достоверно выше в группах Д, что отражается в ЭЭГ-индексах тре-

возможности, «связывании» медленных и быстрых волн (one way ANOVA, корреляционный анализ с использованием критерия Пирсона).

Нуль-гипотеза: статистически достоверные различия УТ между группами детей Д и К не наблюдаются; уровень тревожности не коррелирует с ЭЭГ-показателями; ЭЭГ-индексы не отражают уровень тревожности.

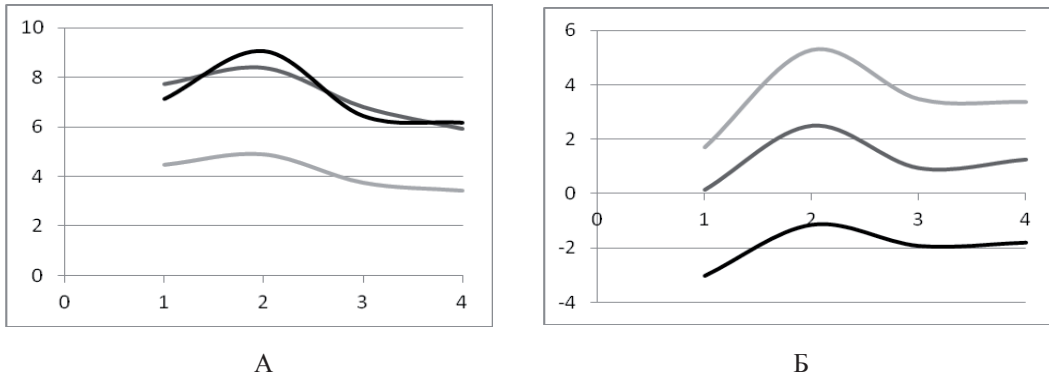


Рис. 1. Динамика изменения ритмов ЭЭГ в четырех возрастных группах. А – дельта —, тета —, альфа 1 —; Б – альфа 2 —, бета 1 — и бета 2 —. По оси абсцисс – 1–I, 2–II, 3–III, 4–IV – возрастные группы. По оси ординат – нормализованные данные суммарной спектральной мощности ритмов (усл.ед.)

## Результаты исследования

### 1. Возрастная динамика спектральных характеристик ЭЭГ в контрольной группе.

1.1. Сравнительный анализ показателей суммарной спектральной мощности ритмов ЭЭГ в четырех возрастных группах позволил выявить достоверные различия между возрастными группами, которые выражаются в некотором повышении медленных волн у детей 10–11 лет, а затем их достоверным снижением у детей в возрасте 14–15 лет ( $p < 0,05$ ) и 17–18 лет ( $p < 0,01$ ) (рис. 1, А). Подобная динамика наблюдается и для альфа1-диапазона, в то время как альфа2 наряду с бета-диапазоном оказываются достоверно более низкими в младшей возрастной группе (рис.1, Б). Высокочастотная группа ритмов гамма-диапазона имеет те же тенденции, но без достоверной разницы между группами. Следует отметить более заметное увеличение в диапазоне практически всех ритмов во II возрастной группе по сравнению с I, вероятно, связанное с вхождением в пубертатный период.

1.2. В пространственном отношении спектральные характеристики отличаются несколько иной траекторией изменения во фронтальных и центральных, теменных и затылочных областях. На рис. 2 представлены пространственные изменения в динамике тета (достоверно с LSD-критерием для F3, F4, C3, O1, O2, соответственно,  $p < 0,01–0,05$  в полярных группах) и альфа2- (достоверно с LSD-критерием для F4, C4, P3, P4, O1, O2,  $p < 0,05$  в полярных группах) ритмов. Интересно отметить, что динамика снижения тета в лобных областях имеет плавно спадающий характер, в то время как в центрально-теменных областях динамика тета-ритма характеризуется первоначальным повышением с последующим снижением во II возрастной группе. Динамика альфа2-ритма во фронтальных областях отличается более выраженным ростом в III и IV группах испытуемых, а в центральных, теменных и затылочных областях наблюдается резкий скачок в I и II группах, что свидетельствует в пользу более медленного созревания передних областей мозга.

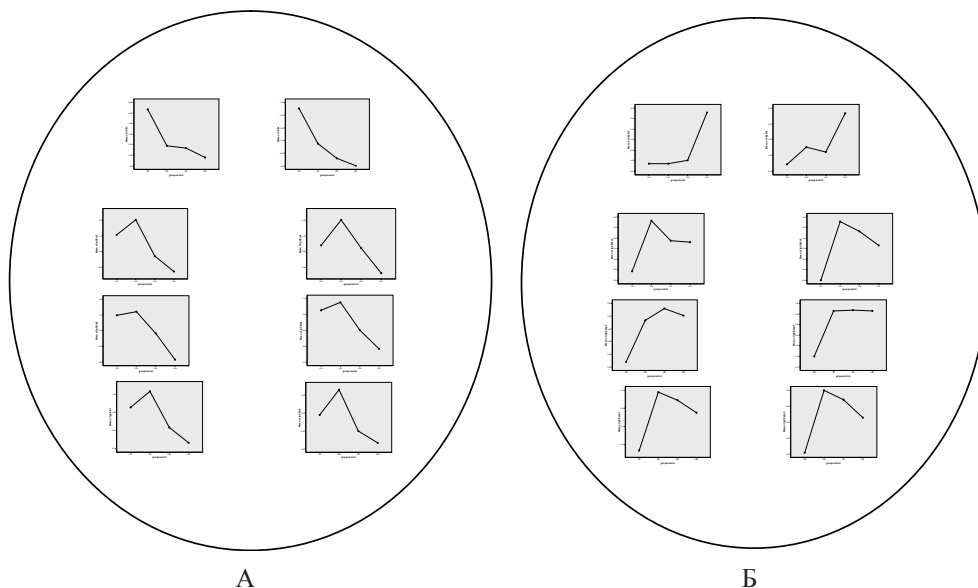


Рис. 2. Пространственные изменения в динамике тета- и альфа2-ритмов в четырех возрастных группах: А – тета, Б – альфа2. По оси абсцисс – 1–I, 2–II, 3–III, 4 – IV – возрастные группы. По оси ординат – нормализованные данные суммарной спектральной мощности ритмов (усл. ед.)

1.3. Соотношение значений суммарной спектральной мощности Тета/Альфа. Согласно выводам многих исследователей, в возрастной динамике наблюдается постепенное замещение тета-ритма более высокочастотным альфа. В связи с этим мы провели анализ соотношения данных ритмов в возрастной динамике и обнаружили четкую тенденцию снижения индекса соотношения Тета/Альфа от младшего к старшему возрасту. На рис. 3 продемонстрировано достоверное снижение индекса в I и III, а также в I и IV ( $p < 0.05$ , Bonferroni, LSD) группах испытуемых.

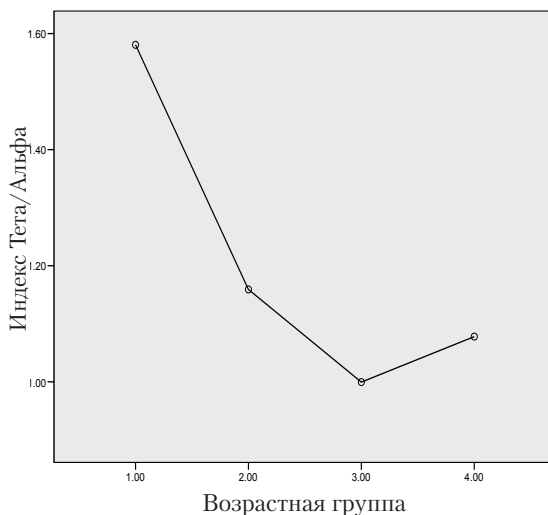


Рис. 3. Индекс Тета/Альфа в четырех возрастных группах. По оси абсцисс – 1–I, 2–II, 3–III, 4–IV возрастные группы. По оси ординат – значения показателя индекса соотношения Тета/Альфа (усл. ед.)

1.4. *Альфа-мода.* Одним из основных возрастных критериев является доминирующая частота альфа-ритма. Действительно, альфа-мода в затылочной области имеет с возрастом тенденцию к увеличению (см. таблицу ниже).

**Таблица.** Альфа-мода в возрастных группах

Возрастные группы	Альфа-мода при закрытых глазах, Гц	
	O1	O2
I	8.7	8.7
II	9.9	9.9
III	10.2	10.1
IV	10.3	10.3

1.5. *Функциональные нагрузки.* Мы также провели анализ степени изменений спектральных показателей ЭЭГ при функциональных нагрузках. Индекс подавления альфа-ритма, определенный как «отношение спектральной мощности альфа при открытых глазах к идентичному показателю при закрытых глазах», выявил достоверные различия только при применении LSD-критерия между II и III, а также между II и IV группами ( $p < 0,001$ ). Проведенный анализ продемонстрировал динамику снижения гипервентиляционного индекса с возрастом, а также его быстрое восстановление после завершения гипервентиляции у старшей возрастной группы (рис. 4).

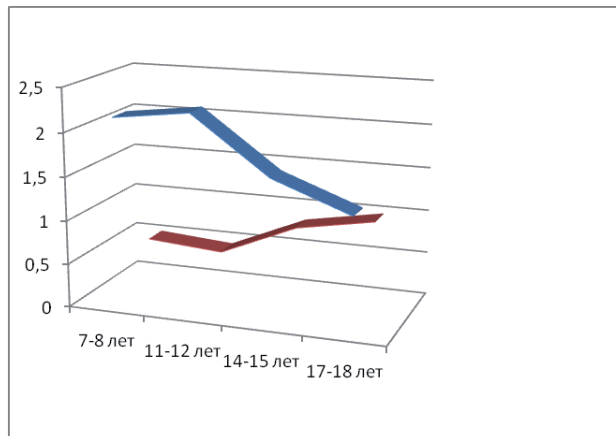


Рис. 4. Индексы реакции на гипервентиляцию (ИндГВ) и индексы восстановления после гипервентиляции (ИндВпГВ). По оси абсцисс – возрастные группы 11–12 лет и 14–15 лет, по оси ординат – уровень индексов (усл. ед.)

Таким образом, при проверке первая нулевая гипотеза была отвергнута в связи с обнаруженными вышеописанными достоверными различиями. Полученные данные в большей степени подтверждают первую гипотезу.

## 2. Сравнительный анализ ЭЭГ данных в группах Д и К

2.1. *Многофакторный дисперсионный анализ MANOVA с тремя межгрупповыми (between subjects) факторами (возраст – В, социум – С, гендер – Г) суммарных показателей спектральной мощности ритмов* показал достоверный эффект В и С только для дельта-ритма ( $p < 0,001$ ;  $p = 0,01$ ). Гендерных различий по суммарным показателям спектральной



мощности ритмов в нашем исследовании не выявлено. По показателям индекса соотношения Тета/Альфа достоверных различий также не выявлено, как и в соответствующих возрастных контрольных группах. Показатели индекса соотношения Альфа/Дельта достоверно ниже в возрасте 11–12 лет, что может свидетельствовать об их большей чувствительности к данному периоду возрастных изменений (рис. 5).

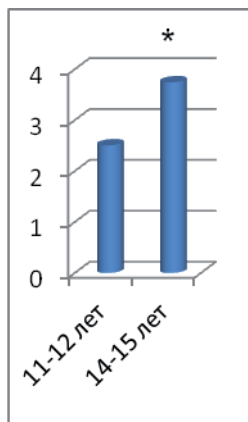


Рис 5. Индекс Альфа/Дельта в двух возрастных группах. По оси абсцисс – возрастные группы 11–12 лет и 14–15 лет, по оси ординат – значения индекса альфа к дельта; \*  $p < 0.05$

2.2. При сравнении пространственных значений абсолютных спектральных параметров в группах Д и К в возрасте 14–15 лет были выявлены достоверные различия лишь в дельта- С4 ( $F=4.437, p=0.042$ ) и тета- О2 ( $F=6.627, p=0.015$ ) ритмах, которые были выше в группе Д. В возрасте 11–12 лет различия были обнаружены в области дельта-диапазона и соответственно в симметричных центрально-затылочных областях ( $F=4.428, p=0.042$ ). В передних отделах различий не наблюдалось. Интенсивность изменений суммарных спектральных показателей в тета- и альфа1-диапазонах не выражена как в экспериментальной, так и в контрольной группе. Следовательно, можно сделать вывод о том, что возрастные изменения в группах Д имеют менее интенсивный характер и связаны с более медленным снижением дельта-активности в центрально-затылочных областях.

2.3. При сравнении альфа-моды в затылочных областях между двумя группами Д и К не было обнаружено существенных различий. Если в группе К в возрасте 11–12 лет она составляла 9.9 Гц, то в группе Д – 10.0 Гц, а в возрасте 14–15 лет альфа-мода имела одинаковое значение 10.1 Гц в обеих группах.

2.4. В отличие от контрольной группы более выраженные реакции на функциональную нагрузку были отмечены при открывании глаз, но не отличались достоверными значениями при гипервентиляции (ГВ) по всем показателям возрастных сравнений. Подавление альфа-ритма в большей степени было выражено в старшей группе, в то время как межгрупповое (Д и К) сравнение обнаружило различия реакции на ГВ и степень восстановления в возрасте 14–15 лет ( $F=9.659, p=0.004$  и  $F=7.434, p=0.010$ ). Испытуемые группы Д в большей степени реагировали на ГВ и отличались более низким коэффициентом восстановления.

### 3. Уровень тревожности в двух группах Д и К и ЭЭГ-индексы тревожности.

3.1. Результаты теста Спилбергера–Ханина выявили достоверную разницу личностной тревожности между группой Д и К в возрасте 11–12 лет ( $F=24.233, p=0.001$ ) (рис. 6.). В груп-



пе Д этот показатель был высоким, а в группе К – умеренным. В старших возрастных группах данные были умеренными и не отличались в группах Д и К. Как было отмечено выше, данный возрастной период имел особенности в ЭЭГ-показателях, где наблюдался наибольший сдвиг ЭЭГ-ритмов при сравнении с младшей возрастной группой в связи с переходным периодом.

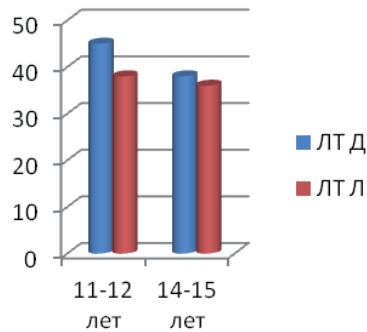


Рис. 6. Уровень личностной тревожности. По оси абсцисс – возрастные группы, по оси ординат – уровень ЛТ (усл. ед.)

**3.2. ЭЭГ-индексы тревожности.** В соответствии с уже разработанными в аналогичных исследованиях параметрами мы использовали в своей работе три индекса по следующим ритмам: 1) АльфаF4-Альфа F3 (Blackhart et al., 2006; Smit et al., 2007); 2) Альфа (Siciliani et al., 1975); 3) Бета (Черный, 2007; Macaulay, Edmonds, 2004); 4) Альфа/Дельта (Князев, 2004); 5) эффект «связывания» (coupling) между дельта- и бета-ритмами (Schutter, Knyazev, 2011). Достоверные различия были обнаружены лишь для Альфа/Дельта-индексов, значения которых были ниже в группе Д ( $F=14.927, p=0.001$ ) (рис. 7). Результаты проверки наличия корреляционных связей подтверждают тот факт, что показатели ЛТ имеют положительные корреляции с показателями изменений дельта-ритмов ( $r=0.329$ ) и с индексом соотношения медленных волн к быстрым ( $r=0.320$ ). В то же время индексы, основанные на спектральных показателях только альфа-ритма и фронтальной асимметрии альфа-ритма, оказались нечувствительными в данной популяции. Внутригрупповой корреляционный анализ обнаружил наличие положительной корреляции между дельта- и бета-ритмами в группе Д в возрасте 11–12 лет (достоверной для правого полушария,  $r=0.552^*$ ) при отсутствии таковой в контрольной группе, что свидетельствует в пользу обнаруженной более высокой тревожности у детей группы Д в этом возрасте.

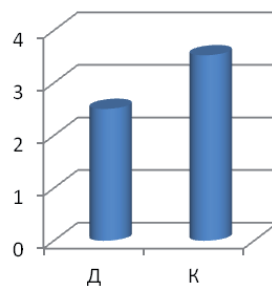


Рис. 7. Индекс тревожности. По оси абсцисс – группы Д и К, по оси ординат – уровень индекса тревожности Альфа/Дельта (усл. ед.)



### Обсуждение результатов исследования

Полученные результаты исследования возрастных особенностей ЭЭГ-активности мозга детей различных возрастов – представителей казахстанской популяции – соответствуют основным закономерностям и тенденциям, которые наблюдаются в аналогичных исследованиях представителей других популяций: постепенное снижение медленных волн и повышение быстрых волн по мере развития; увеличение альфа-моды; увеличение степени активации; снижение гипервентиляционного индекса и более быстрое восстановление после гипервентиляции (Фарбер, 1969; Фарбер, Алферова, 1972; Фарбер, Безруких, 2001; Бияшева, Швецова, 1981). Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что основная гипотеза о количественном снижении в онтогенезе медленных волн и увеличении быстрых как общей закономерности развития ЭЭГ-ритмов нашла свое подтверждение. Переход к более высокочастотной активации, вероятно, соответствует происходящим в описанный нами возрастной период анатомическим изменениям, данные о которых также представлены в значительном числе тематических исследований (увеличение синаптической плотности, количество белого вещества и др.) (Chugani et al., 1987; Lenroot, Giedd, 2006 и др.).

Каждый этап системогенеза характеризуется прорастанием нейронов все более дифференцированных систем (Швырков, 1995; Александров, 2009). Постепенное усложнение дифференциации внешней среды в онтогенезе находит свое отражение в соотношении низко- и высокочастотных ритмов. Полученные в нашем исследовании данные показывают динамику созревания ритмов коры головного мозга в онтогенезе, достаточно всесторонне изученную и известную в литературе как процесс учащения ритмов (Gasser et al., 1988; John et al., 1980; Harmony et al., 1980). Более противоречивые сведения касаются позднего онтогенеза: одна часть исследований свидетельствует в пользу учащения ритмов ЭЭГ, в то время как другая часть исследований показала снижение высокочастотных ритмов и обратное повышение медленных ритмов, а результаты третьей группы исследований свидетельствуют о том, что при сохранении нормального здорового мозга тенденция учащения сохраняется, а увеличение медленных волн возникает в связи с различными нарушениями кровоснабжения мозга (Werkle-Bergner, 2006). Данный вопрос, с нашей точки зрения, представляет особый интерес и перспективу для будущих исследований.

Возвращаясь к описанию электрической активности коры головного мозга у представителей изучаемых возрастных групп, следует подчеркнуть еще раз, что специфика созревания ритмов ЭЭГ характеризуется сложностью и многообразием временных и пространственных соотношений, компонентов и свойств. Как было отмечено выше, наибольшая интенсивность созревания мозга наблюдается в раннем возрасте с постепенным ее дальнейшим снижением (Anokhin et al., 1996; Lenroot, Giedd, 2006; Taylor, Baldeweg, 2002; Werkle-Bergner et al., 2006). В исследуемых нами возрастных группах мы наблюдаем наибольшие изменения между I и II группами и дальнейшее снижение интенсивности изменений по мере взросления. Возрастной диапазон 11–12 лет связан с началом перехода на пубертатную стадию развития, что выражается в повышении напряжения всех уровней единой физиологической системы организма со значительным увеличением энергетических затрат, что приводит к возникновению эмоциональной нестабильности и большей подверженности внешним влияниям. С одной стороны, подобные тенденции определяет нестабильность системы, а с другой – они же обеспечивают ее высокую пластичность и адаптивность к из-

меняющейся внешней среде. Кроме того, в пубертатном периоде происходят морфофункциональные изменения основных систем организма, а также более интенсивное формирование и созревание отдельных физиологических систем. В дальнейшем, вероятно, возникает относительная стабилизация физиологических систем организма в результате оптимизации уровня функционирования и энергозатрат, но уже на более высоком уровне по сравнению с I возрастной группой.

Пространственная гетерохрония, заключающаяся в более позднем созревании передних областей коры (Matsuura et al., 1985; Taylor, Baldeweg, 2002; Werkle-Bergner et al., 2006), проявляется в более раннем увеличении спектральной мощности высокочастотного альфа-ритма в затылочных областях, чем во фронтальной области. Согласно результатам исследований, наблюдаемое увеличение доминирующей частоты затылочного альфа-ритма с возрастом соответствует нормальной динамике (см. также: Благосклонова, Новикова, 1994). Становление альфа-ритма некоторые авторы связывают с повышением регулирующих тормозных влияний на кору головного мозга со стороны таламических путей, что является важным фактором функционального созревания коры (Фарбер, 1969; Мачинская и др., 1997 и др.). Чувствительными индикаторами возрастных изменений в нашем исследовании оказались функциональные нагрузки. Сопоставляя полученные нами данные с выводами аналогичных исследований, можно говорить о том, что степень увеличения электрической активности на основе эффекта подавления альфа-ритма на открывание глаз может являться показателем устойчивости и эффективности корково-подкорковых взаимоотношений (Благосклонова, Новикова, 1994). Полученные значения гипервентиляционных индексов свидетельствуют о повышении с возрастом устойчивости к вазоактивным стресс-факторам.

Результаты сравнительного анализа исследуемых показателей по социальным группам лишь частично соответствовали нашей гипотезе. Достоверные различия по группам были выявлены только для дельта-ритма. Можно предположить, что сложные жизненные условия оказывают влияние в большей степени на более ранние мозговые структуры. Как было отмечено выше, в ходе изучения возрастной динамики активности мозга в различных социально-экономических группах исследователи продемонстрировали тенденцию к уменьшению интенсивности снижения медленных ритмов (Harmony et al., 1988). Однако в нашем исследовании по целому ряду возрастных индикаторов, касающихся альфа-ритма (спектральная мощность, альфа-мода, подавление альфа-ритма), не было обнаружено достоверных различий, что позволяет сделать вывод о сохранной динамике развития быстроволновой активности и лишь о некотором отставании в снижении медленных волн у детей группы Д.

Более высокий уровень показателя личностной тревожности в возрастной группе 11–12 лет у детей – воспитанников детского дома свидетельствует том, что начало переходного возраста является более сложным периодом жизни для детей с семейной депривацией по сравнению с детьми из контрольной группы. Согласно данным различных исследований, тревожность отражается в ЭЭГ-активности мозга в изменении фронтальной межполушарной асимметрии альфа-ритма (Blackhart et al., 2006; Smit et al., 2007), более высоком уровне бета- и низком уровне альфа-активности (Черный, 2007; Macaulay, Edmonds, 2004; Siciliani et al., 1975), во взаимном влиянии медленных и быстрых волн. Тестирование первых трех ЭЭГ-индексов тревожности не выявили различий между группами. Личностная тревожность у детей и взрослых различается по форме своего проявления в параметрах ЭЭГ-



активности. Детская тревожность в большей степени связана с лимбической системой, в то время как взрослая тревожность связана с активацией лобных долей мозга (Князев, 2004), и, таким образом, только индекс, связанный с дельта-активностью (соотношение альфа к дельта), представляется наиболее информативным параметром. Также была выявлена взаимокорреляция между дельта- и бета-ритмами в правом полушарии у детей с более высоким уровнем тревожности (группа Д, 11–12 лет). Наличие связывающего эффекта (binding) между дельта- и бета-активностью мозга у высокотревожных детей может служить дополнительным доказательством наличия модулирующего влияния «старых» (менее дифференцированных) мозговых систем на «новые» (более дифференцированные) и может быть отражено в поведенческом акте как элементе поведенческого континуума. Следует отметить, что установление адекватных ЭЭГ-индексов тревожности имеет очень важное практическое значение для ранней диагностики тревожных состояний у детей. В связи с тем, что тестовые методики, основанные на самооценке, не всегда могут дать реальную картину внутреннего состояния ребенка, необходима разработка и применение более объективных методов диагностики. В соответствии с результатами исследования мы можем говорить о том, что преобладание низкочастотного ритма (дельта) и его связывание с высокочастотным ритмом (бета), вероятно, смещает баланс между низкодифференцированными и высокодифференцированными структурами в сторону первых, что может выражаться в увеличении тревожности у детей. Таким образом, данный фактор может служить достаточно надежным критерием для объективизации диагностики.

### Выводы

1. Динамика развития ЭЭГ-ритмов с возрастом идет в направлении уменьшения спектральной мощности низкочастотных ритмов и увеличения высокочастотных ритмов, о чем свидетельствуют, с нашей точки зрения, увеличение доминирующей частоты альфа-ритма, увеличение индекса подавления альфа-ритма при открывании глаз, снижение гипервентиляционного индекса и восстановительного индекса.

2. Основные различия в возрастной динамике ЭЭГ-ритмов у детей – воспитанников детского дома и детей, воспитывающихся в условиях семьи, находятся в диапазоне медленных волн.

3. Более высокий уровень тревожности у детей, находящихся в условиях семейной депривации, был выявлен в возрасте 11–12 лет. ЭЭГ-индекс тревожности, выраженный в соотношении дельта- и альфа-волн, является наиболее информативным для детской выборки. Связывание медленных волн с быстрыми также имеет важное значение для разработки наиболее чувствительных индексов тревожности, необходимых для своевременной диагностики возникающих нарушений.

### Литература

- Александров Ю.И. Сознание и эмоции // Теория деятельности и социальная практика. III Международный конгресс: июнь 1995 г. М., 1995. С. 5–6.
- Александров Ю.И. От эмоций к сознанию // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Изд. «Институт психологии РАН», 2006. С. 293–328.
- Александров Ю.И. Дифференциация и развитие. Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма / Сост. Н.И. Чуприкова. М.: Языки славянских культур (Разумное поведение и язык. Language and reasoning). 2009. С. 17–28.

- Александров Ю. И., Сергиенко Е. А. Психологическое и физиологическое: континуальность и/или дискретность? // Психологический журнал. 2003. Т. 24. № 6. С. 98–110.
- Бияшева З. Г., Швецова Е. В. Информационный анализ электроэнцефалограмм детей в возрасте 10–11 лет при решении арифметических задач // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. М., 1981. С. 18.
- Благосклонова Н. К., Новикова Л. А. Детская клиническая электроэнцефалография. М.: Медицина, 1994.
- Вильдавский В. Ю. Спектральные компоненты ЭЭГ и их функциональная роль в системной организации пространственно-гностической деятельности детей школьного возраста: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1996.
- Дубровинская Н. В. Нейрофизиологические механизмы внимания. Онтогенетическое исследование. Л.: Наука, 1985.
- Князев Г. Г. Осцилляции мозга и поведение человека: эволюционный подход // Методологические проблемы современной психологии: иллюзии и реальность. Материалы Сибирского психологического форума 16–18 сентября 2004 г. Томск: Томский государственный университет, 2004. С. 570–576.
- Мачинская Р. М., Лукашевич И. П., Фишман М. Н. Динамика электрической активности мозга у детей 5–8-летнего возраста в норме и при трудностях обучения // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 5. С. 5.
- Мачинская Р. М., Крупская Е. В. Созревание регуляторных структур мозга и организация внимания у детей младшего школьного возраста // Когнитивные исследования: Сб. науч. тр. Вып. 2 / Под ред. В. Д. Соловьева, Т. В. Черниговской. 2008. С. 32–47.
- Павленко В. Б., Черный С. В., Губкина Д. Г. ЭЭГ корреляты тревоги, тревожности и эмоциональной стабильности у взрослых здоровых испытуемых // Нейрофизиология. 2009. Т. 41. № 5. С. 400–408.
- Прихожан А. М., Толстых Н. Н. Психология сиротства. Изд. 2-е. СПб.: Питер, 2005.
- Прихожан А. М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика. М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: Изд. НПО «МОДЭК», 2000.
- Сергиенко Е. А. Раннее когнитивное развитие: новый взгляд. М.: ИПРАН, 2006.
- Сергиенко Е. А. Принципы дифференциации-интеграции и континуальности-дискретности психического процесса. Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма / Сост. Н. И. Чуприкова. М.: Языки славянских культур (Разумное поведение и язык. Language and reasoning). 2009. С. 131–149.
- Соколова Л. С., Мачинская Р. И. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение 1. Анализ спектральных характеристик ЭЭГ в покое // Физиология человека. 2006. Т. 32. № 5. С. 5–14.
- Фарбер Д. А. Функциональное созревание мозга и раннем онтогенезе. М.: Просвещение, 1969.
- Фарбер Д. А., Алферова В. В. Энцефалограмма детей и подростков. М.: Педагогика, 1972.
- Фарбер Д. А., Безруких М. М. Методические аспекты изучения физиологии развития ребенка // Физиология человека. 2001. Т. 27. № 5. С. 8.
- Черный С. В. Нейро- и психофизиологический анализ состояния тревожности у человека: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Симферополь. 2007.
- Чуприкова Н. И. Принцип дифференциации когнитивных структур в умственном развитии, обучение и интеллект // Вопросы психологии. 1990. № 5. С. 31–39.
- Швырков В. Б. Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики. М.: Институт психологии РАН. 1995.
- Ханин Ю. Д. Краткое руководство к применению шкалы реактивной и личностной тревожности Ч. Р. Спилбергера. Л., 1976.
- Anokhin A. P., Birbaumer N., Lutzenberger W., Nikolaev A., Vogel F. Age increases brain complexity // Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 1996. № 99. P. 63–68.



- Blackhart G. C., Minnix J. A., Kline J. P.* Can EEG asymmetry patterns predict future development of anxiety and depression? A preliminary study // *Biological Psychology*. 2006. V. 72. P. 46–50.
- Chugani H. T., Phelps M. E., Mazziotta J. C.* Positron emission tomography study of human brain functional development // *Annals of Neurology*. 1987. V. 22. P. 487–497.
- Harmony T., Alvarez A., Pascual R., Ramos A., Marosi E., Díaz De León A. E., Valdés P., Becker J.* EEG Maturation on Children with Different Economic and Psychosocial Characteristics // *International Journal of Neuroscience*. 1988. V. 41. № 1-2. P. 103–113.
- Gasser T., Jennen-Steinmetz C., Sroka L., Verleger R., Mocks J.* Development of the EEG of school-age children and adolescents. II. Topography // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1988. V. 69. P. 100–109.
- Gasser T., Verleger R., Bacher P., Sroka L.* Development of the EEG of school-age children and adolescents. I. Analysis of band power // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1988. V. 69. P. 91–99.
- John E. R., Ahn H., Pritchep L., Trepetin M., Brown D., Kaye H.* Developmental equations for the electroencephalogram // *Science*. 1980. V. 210. P. 1255–1258.
- Johnson M. A., Bydder G. M.* NMR imaging of the brain in children // *Medical Bulletin*. 1983. V. 40. № 2. P. 175–178.
- Knyazev G. G.* Cross-frequency coupling of brain oscillations: An impact of state anxiety // *International Journal of Psychophysiology*. 2011. V. 80. P. 236–245.
- Knyazev G. G., Savostyanov A. N., Levin E. A.* Uncertainty, anxiety and brain oscillations // *Neuroscience Letters*. 2005. V. 387. P. 121–125.
- Lenroot R. K., Giedd J. N.* Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging // *Neuroscience and Behavioral Reviews*. 2006. V. 30. P. 718–729.
- Macaulay M., Edmonds E. E.* Frontal EEG Beta Have Application in Anxiety Monitoring during Computer-Based Learning // *Journal of Educational Computing Research*. 2004. V. 30. P. 229–241.
- MacLean P. D.* The triune brain in evolution: role in paleocerebral functions. NY: Plenum Press. 1990.
- Matsuura M., Yamamoto K., Fukuzawa H., Okubo Y., Uesugi H., Moriwa M., Kojima T., Shimazono Y.* Age development and sex differences of various EEG elements in healthy children and adults – quantification by computerized wave form recognition method // *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 1985. V. 60. P. 394–406.
- Matthis P., Scheffner D., Benninger Ch., Lipinski Ch., Stolzis L.* Changes in the background activity of the electroencephalogram according to age // *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 1980. V. 49. P. 626–635.
- Matousek M., Peterson I.* Frequency analysis of the EEG in normal children and in normal adolescents // *Automation of Clinical Electroencephalography* / Eds. P. Kellaway and I. Peterson. NY: Raven Press, 1973. P. 75–102.
- Marshall P. J., Bar-Haim Y., Fox N. A.* Development of EEG from 5 months to 4 years of age // *Clinical Neurophysiology*. 2002. V. 113. P. 1199–1208.
- Schutter D. J. L., Knyazev G. G.* Cross-frequency coupling of brain oscillations in studying motivation and emotion // *Motiv Emot* DOI 10.1007/s11031-011-9237-6.
- Schutter D. J. L. G., van Honk J.* Salivary cortisol levels and the coupling of midfrontal delta-beta oscillations // *International Journal of Psychophysiology*. 2005. V. 55. P. 127–129.
- Shrager J., Johnson M. H.* Dynamic plasticity influences the emergence of function in a simple cortical array // *Neural Networks*. 1996. V. 9. P. 1119–1129.
- Siciliani O., Schiavon M., Tansella M.* Anxiety and EEG alpha activity in neurotic patients // *Acta Psychiatr Scand*. 1975. V. 52. № 2. P. 116–131.
- Smit D. J. A., Posthuma D., Boomsma D. I., De Geus E. J. C.* The relation between frontal EEG asymmetry and the risk for anxiety and depression // *Biological Psychology*. 2007. V. 74. P. 26–33.
- Taylor M. J., Baldeweg T.* Application of EEG, ERP and intracranial recordings to the investigation of cognitive functions in children // *Developmental Science*. 2002. V. 5. P. 318–334.
- Werkle-Bergner M., Müller V., Li S.-C., Lindenberger U.* Cortical EEG correlates of successful memory encoding: Implications for lifespan comparisons // *Neuroscience and Behavioral Reviews*. 2006. V. 30. P. 839–854.



# EEG MATURATION IN CHILDREN IN DIFFERENT SOCIAL GROUPS. ANXIETY LEVEL AND EEG INDEXES

*KUSTUBAEVA A. M., Kazakh National University, Almaty*

The aim of this research was to study EEG maturation in children in different social groups (O – orphans, C – control). In this article we present results of spectral power density (SPD) of EEG rhythms in age groups (O – 2 groups, C – 4 groups). According to the literature, the main direction of changes of the EEG rhythms in ontogenesis is a decline in the slow oscillations and enhance in the fast oscillations. We predicted that EEG maturation would be different in two groups. As we have expected our results showed that the slow frequency SPD was higher in O group in comparison to C group in the same age. No significant differences in the fast frequency were found. In addition, we revealed the high level of anxiety in 11–12 years-old orphans group which was reflected in the Alpha/Delta index.

**Keywords:** EEG rhythms, systemogenesis, age, anxiety.

## ***Transliteration of the Russian references***

*Aleksandrov Ju. I.* Soznanie i jemocii // Teorija dejatel'nosti i social'naja praktika. Sh Mezhdu-narodnyj kongress: ijun' 1995 g. M., 1995. S. 5–6.

*Aleksandrov Ju. I.* Ot jemocij k soznaniju // Psihologija tvorcestva: shkola Ja. A. Ponomareva / Pod red. D. V. Ushakova. M.: Izd. «Institut psihologii RAN», 2006. S. 293–328.

*Aleksandrov Ju. I.* Differenciacija i razvitie. Teorija razvitiya: Differencionno-integracionnaja paradigma / Sost. N. I. Chuprikova. M.: Jazyki slavjanskih kul'tur (Razumnoe povedenie i jazyk. Language and reasoning). 2009. S. 17–28.

*Aleksandrov Ju. I., Sergienko E. A.* Psihologicheskoe i fiziologicheskoe: kontinual'nost' i/ili diskretnost' // Psihologicheskij zhurnal. 2003. T. 24. № 6. S. 98–110.

*Bijasheva Z. G., Shvecova E. V.* Informacionnyj analiz jelektrojencefalogramm detej v vozraste 10–11 let pri reshenii arifmeticheskikh zadach // Vozrastnye osobennosti fiziologicheskikh sistem detej i podrostkov. M., 1981. S. 18.

*Blagosklonova N. K., Novikova L. A.* Detskaja klinicheskaja jelektrojencefalografija. M.: Medicina, 1994.

*Vil'davskij V. Ju.* Spektral'nye komponenty JeJeG i ih funkcional'naja rol' v sistemnoj organizacii prostranstvenno-gnosticheskoj dejatel'nosti detej shkol'nogo vozrasta: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. M., 1996.

*Dubrovinskaja N. V.* Nejrofiziologicheskie mehanizmy vnimanija. Ontogeneticheskoe issledovanie. L.: Nauka, 1985.

*Knjazev G. G.* Oscilljacii mozga i povedenie cheloveka: jevoljucionnyj podhod // Metodologicheskie problemy sovremennoj psihologii: illjuzii i real'nost'. Materialy Sibirskogo psihologicheskogo foruma 16–18 sentjabrja 2004 g. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2004. S. 570–576.

*Machinskaja P. M., Lukashevich I. P., Fishman M. N.* Dinamika jelektricheskoj aktivnosti mozga u detej 5–8-letnego vozrasta v norme i pri trudnostjah obuchenija // Fiziologija cheloveka. 1997. T. 23. № 5. S. 5.

*Machinskaja P. M., Krupskaja E. V.* Sozrevanie reguljatornyh struktur mozga i organizacija vnimanija u detej mladshogo shkol'nogo vozrasta // Kognitivnye issledovanija: Sb. nauch. tr. Vyp. 2 / Pod red. V. D. Solov'eva, T. V. Chernigovskoj. 2008. S. 32–47.

*Pavlenko V. B., Chernyj S. V., Gubkina D. G.* JeJeG korreljaty trevogi, trevozhnosti i jemocional'noj stabil'nosti u vzroslyh zdorovyh ispytuemyh // Nejrofiziologija. 2009. T. 41. № 5. S. 400–408.





- Prihozhan A.M., Tolstyh N.N.* Psihologija sirotstva. Izd. 2-e. SPb.: Piter, 2005.
- Prihozhan A.M.* Trevozhnost' u detej i podroستkov: psihologicheskaja priroda i vozrastnaja dinamika. M.: Moskovskij psihologo-social'nyj institut; Voronezh: Izd. NPO «MODJeK», 2000.
- Sergienko E.A.* Rannee kognitivnoe razvitie: novyj vzglyad. M.: IPRAN, 2006.
- Sergienko E.A.* Principy differenciacii-integracii i kontinual'nosti-diskretnosti psihicheskogo processa. Teorija razvitija: Differencionno-integracionnaja paradigma / Sost. N.I. Chuprikova. M.: Jazyki slavjanskih kul'tur (Razumnoe povedenie i jazyk. Language and reasoning). 2009. S. 131–149.
- Sokolova L.S., Machinskaja R.I.* Formirovanie funkcional'noj organizacii kory bol'shih polusharij v pokoe u detej mladshego shkol'nogo vozrasta s razlichnoj stepen'ju zrelosti reguljatornyh sistem mozga. Soobwение 1. Analiz spektral'nyh harakteristik JeJeG v pokoe // Fiziologija cheloveka. 2006. T. 32. № 5. S. 5–14.
- Farber D.A.* Funkcional'noe sozrevanie mozga n rannem ontogeneze. M.: Prosvewenie, 1969.
- Farber D.A., Alferova V.V.* Jencefalogramma detej i podroستkov. M.: Pedagogika, 1972.
- Farber D.A., Bezrukih M.M.* Metodicheskie aspekty izuchenija fiziologii razvitija rebenka // Fiziologija cheloveka. 2001. T. 27. № 5. S. 8.
- Chernyj S.V.* Nejro- i psihofiziologicheskij analiz sostojanija trevozhnosti u cheloveka: Avtoref. diss ... kand. biol. nauk. Simferopol'. 2007.
- Chuprikova N.I.* Princip differenciacii kognitivnyh struktur v umstvennom razvitii, obuchenie i intellekt // Voprosy psihologii. 1990. № 5. S. 31–39.
- Shvyrkov V.B.* Vvedenie v ob'ektivnuju psihologiju. Nejronal'nye osnovy psihiki. M.: Institut psihologii RAN. 1995.
- Hanin Ju.D.* Kratkoe rukovodstvo k primeneniju shkaly reaktivnoj i lichnostnoj trevozhnosti Ch. R. Spilbergera. L., 1976.