

УДК 612.825 - 053.6(470)(045)

**ДЁМИН Денис Борисович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск), старший научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 120 научных публикаций и одного патента на изобретение

**ПОСКОТИНОВА Лилия Владимировна**, доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, доцент, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск), ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 180 научных публикаций, в т. ч. двух монографий (из них одна в соавт.) и 3 патентов на изобретение

**КРИВОНОГОВА Елена Вячеславовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск), старший научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 90 научных публикаций и двух патентов на изобретение

## **ВАРИАНТЫ ВОЗРАСТНОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЭЭГ ПОДРОСТКОВ ПРИПОЛЯРНЫХ И ЗАПОЛЯРНЫХ РАЙОНОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА\***

Рассматриваются особенности биоэлектрической активности мозга у 250 здоровых подростков 14–17 лет, постоянно проживающих в Приполярном (64°30' с. ш.) и Заполярном (67°40' с. ш.) районах Севера. Выявлена более высокая активность подкорковых диэнцефальных мозговых структур у подростков Заполярья, проявляемая в виде повышенного уровня тета-активности и наличия диффузных реакций усвоения ритмов фотостимуляции. У подростков Приполярья происходит более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов.

**Ключевые слова:** электроэнцефалография, подростки, Север.

---

\* Работа выполнена при поддержке гранта Президиума Уральского отделения РАН № 12-У-4-1019.

© Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В., 2013

---

---

Изучение физиологических основ адаптации к специфическим природно-климатическим условиям Севера, особенностей морфофункционального развития детского организма и формирования адаптивных реакций на контрастные сезонные изменения климата остаются в ряду приоритетных задач не только профилактической медицины, но также экологической и возрастной физиологии. Климатические условия Севера, в зависимости от географической широты, колеблются от крайне суровых за Полярным кругом, до среднеэкстремальных в приполярных районах. Организм подростка, находящийся в процессе морфологического и функционального развития, в большей степени подвержен влиянию этих неблагоприятных климатических факторов [2, с. 7]. Головной мозг является главным регулирующим и координирующим центром, обеспечивающим восприятие и анализ параметров внешней среды, поиск врожденных и приобретенных в процессе жизни оптимальных программ взаимодействия с окружающей средой и адаптации к ней. Известно, что формирование структурно-функциональной организации мозга в постнатальном онтогенезе продолжается в течение длительного периода развития, включая не только подростковый, но и юношеский возраст [3].

Таким образом, очевидны теоретические предпосылки для изучения особенностей возрастного развития функциональной активности головного мозга у подростков, проживающих на приполярных и заполярных территориях Европейского Севера.

**Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 250 подростков обоих полов, родившихся и постоянно проживающих в районах разных географических широт и климатоэкологических условий Европейского Севера России. В осенний период проводили исследование в районе приполярных широт – север Архангельской области (Приморский район – 64°30' с. ш.) и в районе Крайнего Севера – Ненецкий автономный округ (Заполярный район – 67°40' с. ш.). Обследуемых выбирали

на добровольной основе. От всех подростков и их родителей было получено информированное согласие на участие в исследовании. В каждом районе обследования подростки были разделены на две возрастные группы – Приполярная 14–15 лет ( $n=55$ ) и Приполярная 16–17 лет ( $n=86$ ), а также Заполярная 14–15 лет ( $n=58$ ) и Заполярная 16–17 лет ( $n=51$ ); возрастное разделение подростков осуществляли с учетом статистического возраста обследуемых.

Оценку биоэлектрической активности головного мозга проводили в комфортной, привычной для подростков обстановке в период с 9 до 14 часов. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами на ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) монополярно от 16 стандартных отведений с ушными референтными электродами, установленных по международной системе 10-20 в полосе 1-35 Гц. При оценке ЭЭГ каждого испытуемого, выделяли безартефактные отрезки записи, спектр анализировали по дельта- (1,6-4 Гц), тета- (4-7 Гц), альфа- (7-13 Гц), бета<sub>1</sub>- (13-24 Гц) диапазонам. Для количественной оценки спектра ЭЭГ в каждом частотном диапазоне проводили усредненную для каждого испытуемого оценку максимальной амплитуды (мкВ), индекса (%), абсолютных значений мощностей (мкВ<sup>2</sup>), доминирующих частот, реакции усвоения ритмов фотостимуляции в диапазоне частот 4-22 Гц с вариантами гармоник.

Статистическую обработку полученных результатов проводили непараметрическими методами с помощью компьютерного пакета прикладных программ Statistica 6.0. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принимали за 0,05.

**Результаты и обсуждение.** Возрастная динамика функциональных параметров церебральной биоэлектрической активности обследованных подростков была сходной и выражалась в снижении их средних значений, исключение составил лишь бета-индекс, показатели которого несколько повысились с возрастом (см. таблицу).

**ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ (M±SD) АМПЛИТУДЫ И ИНДЕКСА ОСНОВНЫХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ ЭЭГ В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУППАХ ПОДРОСТКОВ ПРИПОЛЯРНОГО И ЗАПОЛЯРНОГО СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ**

| Группа Показатель      | Приполярная 14–15 лет | Приполярная 16–17 лет    | Заполярная 14–15 лет | Заполярная 16–17 лет   |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|------------------------|
| Амплитуда Тета (мкВ)   | 49,6±12,3             | 38,8±14,3 <sup>###</sup> | 54,0±15,1            | 47,9±14,4*             |
| Индекс Тета (%)        | 24,9±10,3             | 17,2±8,8 <sup>###</sup>  | 26,4±10,2            | 22,6±5,5***            |
| Амплитуда Альфа (мкВ)  | 91,2±21,4             | 75,4±19,2 <sup>###</sup> | 95,4±22,7            | 81,4±16,0 <sup>#</sup> |
| Индекс Альфа (%)       | 71,9±9,3              | 63,3±14,8 <sup>##</sup>  | 69,7±9,2             | 68,0±10,8              |
| Амплитуда Бета-1 (мкВ) | 31,7±11,8             | 30,3±9,0                 | 29,4±11,4            | 27,8±10,7              |
| Индекс Бета-1 (%)      | 28,6±8,8              | 34,5±8,0 <sup>###</sup>  | 28,3±9,4             | 29,5±10,4              |

*Примечание:* статистически значимое отличие между возрастными группами соответствующего района: # –  $p < 0,05$ ; ## –  $p < 0,01$ ; ### –  $p < 0,001$ ; \* – между выборками приполярного и заполярного районов соответствующей возрастной группы.

Наиболее отчетливые ( $p < 0,01-0,001$ ) возрастные изменения амплитуд и индексов рассматриваемых частотных диапазонов спектра ЭЭГ отмечены в группе подростков Приполярного района, у подростков Заполярья значительно снижалась ( $p < 0,05$ ) лишь амплитуда альфа-активности, а остальные показатели мозговой активности изменялись на уровне тенденции. Широкие отличия проявлялись в более высоких значениях тета-активности, преимущественно у подростков старшей возрастной группы ( $p < 0,001$ ) и относительно меньшей бета-активности в обеих возрастных группах Заполярного района. В большинстве случаев обращает внимание наличие значимой ( $p < 0,05-0,001$ ) правосторонней асимметрии рассматриваемых частотных диапазонов у подростков из обоих районов. Мощность тета-ритма одинаково сильно распространена по всей конвексальной поверхности мозга, в представленности альфа- и бета-активности сохранены зональные отличия.

При оценке реакции усвоения ритмов фотостимуляции с вариантами гармоник было отмечено, что количество усвоений ритмов в тета- и бета-диапазонах (при сохранении собственной доминирующей частоты в альфа-диапазоне) у подростков Заполярного района достигало 40–50 %, что в 1,5–2 раза выше, чем у сверстников из Приполярного района, этот факт может расцениваться как признак компенсированной фотозависимой дисфункции заднезатылочных ритмообразующих структур. Усвоение частот альфа-диапазона стимуляции у обследованных подростков в обоих районах было примерно одинаковым и достигало 85–90 %. С возрастом у этих лиц происходило снижение количества усвоений на 10–20 % во всех диапазонах частот фотостимуляции.

Характерной особенностью нарушений ЭЭГ, выявленных при обследовании подростков Заполярного района, было возникновение пароксизмальных форм активности с максимумом амплитуды основного ритма выше 90 мкВ

---

---

за счет вспышек в теменно-центрально-лобных областях головного мозга, а иногда и с условно-эпилептиформными знаками. Эти изменения отражают высокую степень активности (напряжения) регуляторных механизмов мозга, прежде всего, лимбико-гипоталамического уровня, механизмам которого принадлежит ведущая роль в координации вегетативно-висцеральных функций, поддержании гомеостаза и формировании адаптационных реакций [1, с. 82]. Нередко специфика и выраженность этих нарушений (усиление тета-активности, появление диффузных реакций усвоения ритмов фотостимуляции и редуцированных эпилептиформных комплексов) позволяет заподозрить определенную степень ирритации (чрезмерного возбуждения) структур лимбико-диэнцефального уровня, предположительно в связи с перенапряжением работы функциональных систем, обеспечивающих процессы адаптации к более суровым природно-климатическим условиям заполярного Севера.

Полученные результаты свидетельствуют о продолжающемся в течение периода обучения в школе процессе формирования ЦНС у подростков. В организации биоэлектрической активности мозга школьников наиболее демонстративно снижение с возрастом активности в тета-диапазоне частот ЭЭГ, и относительное повышение представленности потенциалов в бета-диапазоне. Эта динамика отражает процессы перехода от физиологически «незрелого» паттерна ЭЭГ в форме доминирования (или феномена полиритмии) тета-ритмов ЭЭГ к дефинитивному паттерну с постепенным доминированием альфа-ритма [3]. Судя по динамике возрастных изменений мощности этих

частотных составляющих ЭЭГ, более высокими темпами морфофункционального созревания отличаются затылочные зоны коры мозга, наименьшими – лобно-центральные. Обращает на себя внимание также относительное преобладание изменений в правой полушарии головного мозга, что свидетельствует о наличии неравномерности темпов онтогенетической эволюции функций и гетерохронности формирования нейрофизиологических механизмов, определяющих возрастные особенности когнитивных процессов. Очевидно, что по темпам формирования ЭЭГ подростки Приполярного района опережают сверстников из Заполярья, подобная разница в темпах «созревания» у подростков на различных широтах циркумполярного региона может быть обусловлена различиями в требованиях среды обитания к адаптивно-приспособительным механизмам центральной нервной системы.

**Заключение.** Таким образом, выявлена северная специфика возрастного формирования биоэлектрических процессов головного мозга подростков и реакций мозга на сенсорные сигналы. Отмечена более высокая активность подкорковых диэнцефальных мозговых структур у подростков Заполярья, возрастное «созревание» волновой структуры ЭЭГ проявляется у них в виде повышенного уровня тета-активности, особенно в лобных зонах, наличия диффузных реакций усвоения ритмов фотостимуляции и пароксизмальных форм активности. У подростков Приполярного района происходит более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов и формирование амплитудно-частотных взаимоотношений.

## Список литературы

1. Жирмунская Е.А., Лосев В.С. Электроэнцефалография в клинической практике. М., 1997.
2. Рапопорт Ж.Ж. Адаптация ребенка на Севере. Л., 1979.
3. Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. Функциональная организация развивающегося мозга (возрастные особенности и некоторые закономерности) // Физиология человека. 1991. Т. 17. № 5. С. 17–27.

## References

1. Zhirmunskaya E.A., Losev V.S. *Elektroentsefalografiya v klinicheskoy praktike* [Electroencephalography in clinical practice]. Moscow, 1997.
2. Rapoport Zh.Zh. *Adaptatsiya rebenka na Severe* [Child adaptation in the North]. Leningrad, 1979.
3. Farber D.A., Dubrovinskaya N.V. Funktsional'naya organizatsiya razvivayushchegosya mozga (vozzrastnye osobennosti i nekotorye zakonomernosti) [Functional organization of a developing brain (age-specific features and some patterns)]. *Fiziologiya cheloveka*, 1991, vol. 17, no. 5, pp. 17–27.

### ***Demin Denis Borisovich***

The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;  
Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic)  
Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

### ***Poskotinova Liliya Vladimirovna***

The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;  
Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic)  
Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

### ***Krivanogova Elena Vyacheslavovna***

The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;  
Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic)  
Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

## VARIANTS OF EEG FORMATION IN ADOLESCENTS LIVING IN SUBPOLAR AND POLAR REGIONS OF NORTHERN RUSSIA

The article considers brain bioelectric activity in 250 healthy adolescents aged 14–17 years constantly living in subpolar (lat. 64°30' N) and polar (lat. 67°40' N) regions. We observed higher activity of subcortical diencephalic brain structures in adolescents living in polar regions, namely: raised levels of theta-activity and presence of photic driving response. Adolescents living in subpolar regions showed a more intensive optimization of neurodynamic processes.

**Keywords:** *electroencephalography, adolescents, North.*

*Контактная информация:*

Дёмин Денис Борисович  
*адрес:* 163000, Россия, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249  
*e-mail:* denisdemin@mail.ru

Поскотинова Лилия Владимировна  
*адрес:* 163000, Россия, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249  
*e-mail:* liliya200572@mail.ru

Кривоногова Елена Вячеславовна  
*адрес:* 163000, Россия, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249  
*e-mail:* elena200280@mail.ru

Рецензент – Гудков А.Б., доктор медицинских наук, профессор, директор института гигиены и экологии человека Северного государственного медицинского университета (г. Архангельск)