

УДК 616.831-009.7-092-073.7

К.А. Степанченко

Харьковская медицинская академия последипломного образования

УСТОЙЧИВОСТЬ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ У ПОДРОСТКОВ С ГОЛОВНОЙ БОЛЬЮ НАПРЯЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Проанализировано состояние динамических систем мозга у подростков с головной болью напряжения при интеллектуальной нагрузке. На основе оценки параметра энтропии Колмогорова–Синяя по ЭЭГ показано снижение способности к формированию новой адаптивной активности с учащением приступов головной боли. Выявленные нарушения отражают функциональную недостаточность в пределах структур, объединённых в лимбико-ретикулярный комплекс.

Ключевые слова: головная боль напряжения, подростки, ЭЭГ, нелинейный анализ.

Головная боль у детей – частый и мучительный симптом, частота которого среди школьников колеблется в широком диапазоне – от 6,8 до 70,0 % [1, 2]. Патогенетические механизмы головной боли напряжения (ГБН), несмотря на значительную распространённость этой формы головной боли и яркие клинические проявления, остаются недостаточно уточнёнными. На современном этапе в реализации болевого синдрома при ГБН предполагается участие как периферического, так и центрального механизма, и основное значение в патофизиологии ГБН придаётся изменённой реактивности структур лимбико-ретикулярного комплекса и дисфункции эндогенных механизмов антиноцицептивного контроля. В результате декомпенсирующего действия стресса происходит изменение реактивности лимбико-ретикулярного комплекса, осуществляющего проведение и обработку ноцицептивной информации [2, 3].

Ранее на модели «стресса ожидания» методами спектрального и корреляционного анализов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) было исследовано изменение функционального состояния структур лимбико-ретикулярного комплекса в процессе формирования хронического эмоционального стресса. Проводилось также исследование изменения системной деятельности в условиях эмоционального стресса на основе применения матема-

тического аппарата многомерного линейного спектрального анализа ЭЭГ. Это позволило выявить нейрофизиологические корреляты поведенческого и висцерального компонентов устойчивости.

Несмотря на высокую информативность спектрально-когерентного и многомерного спектрального анализа ЭЭГ, предназначенных для исследования линейных параметров, изучать динамику процессов обработки информации мозгом с их помощью невозможно [4].

Адаптивные процессы в головном мозге позволяют организму функционировать в абсолютно новых условиях. Основная роль в адаптации принадлежит информационным механизмам и функционированию эмоциональной регуляторной системы памяти, включающей структуры лимбической системы. Применение методов детерминистского хаоса позволяет выявить и количественно оценить нерегулярное поведение, которое является характерной чертой биоэлектрической активности головного мозга. Использование нелинейного анализа временных рядов для анализа ЭЭГ даёт новую информацию относительно динамики нейрональных сетей, ответственных за процессы, происходящие в мозге в состоянии покоя и стресса [5].

Целью данной работы было оценить адаптационные особенности пациентов с ГБН на

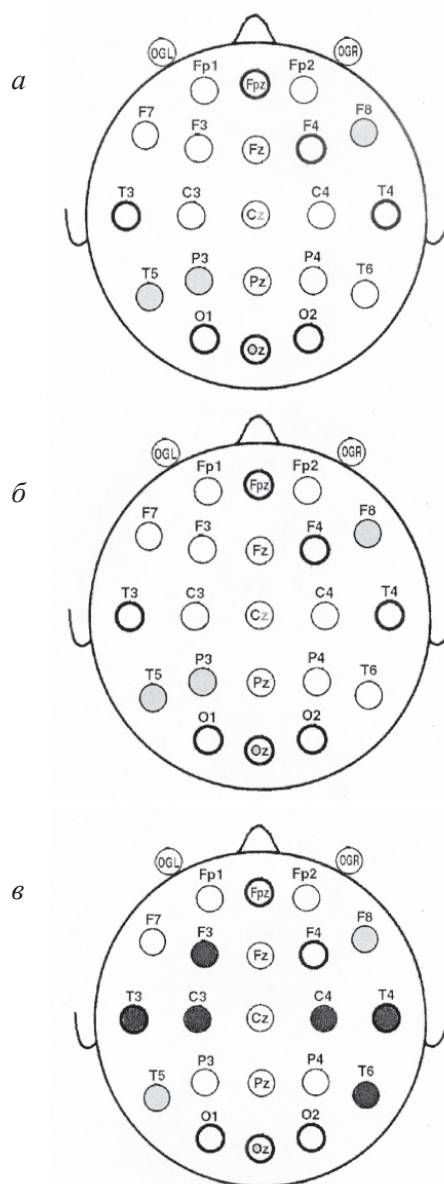
© К.А. Степанченко, 2012

основе изучения параметров нелинейной нейродинамики во время ментальной нагрузки.

Материал и методы. Обследовано 30 подростков с ГБН в возрасте от 13 до 18 лет, находящихся на лечении в НИИ охраны здоровья детей и подростков АМН Украины. В зависимости от клинических данных обследованные были разделены на две группы: 1-я (20 чел.) – пациенты с эпизодической ГБН, 2-я (10 чел.) – пациенты с хронической ГБН. ГБН диагностировали по критериям Международной классификации головной боли во 2-й редакции [6, 7]. Группу контроля составили 20 практически здоровых подростков, не имеющих в анамнезе клинически значимых, в том числе психоневрологических, заболеваний. Регистрация ЭЭГ проводилась в состоянии покоя и во время интеллектуальной нагрузки (обратный счёт в уме – 1000, 993, 986 и т. д.), предназначенной для выполнения последовательных мыслительных операций. Для регистрации ЭЭГ использовали 24-канальный электроэнцефалограф фирмы «DX-системы» (Харьков). Ввод и анализ ЭЭГ осуществляли с помощью системы компьютерной ЭЭГ NeuroResearcher 2005 (модуль Multi-Dimensional Non-Linear Analysis) [4, 5]. Проводили нелинейный многомерный анализ (детерминистского хаоса) ЭЭГ. Вычисляли энтропию Колмогорова–Синяя, позволяющую определить скорость потери динамической системы информации и оценить среднее время предсказуемости системы.

Для оценки достоверности различий нелинейных показателей в состоянии покоя (фон) и во время обратного счёта в уме применяли непараметрический критерий U Вилкоксона–Манна–Уитни, для сравнения парных выборок – критерий Вилкоксона.

Результаты. Счёт в уме вызывал наиболее значимое по сравнению с фоном достоверное увеличение в контрольной группе в правом заднем лобном отведении (F8 – 21,10 %, $p < 0,05$) и левом заднем височном и теменном отведениях (T5 – 22,13 %, P3 – 11,17 %, $p < 0,05$) энтропии Колмогорова–Синяя (рисунок, а). Во время интеллектуальной нагрузки у пациентов 1-й группы отмечалось достоверное повышение энтропии Колмогорова–Синяя в правом заднем лобном отведении (F8 – 25,14 %, $p < 0,05$), в левых центральном, теменном и затылочном отведениях (C3 –



Характеристика уровня энтропии Колмогорова–Синяя ЭЭГ в контрольной группе (а), у пациентов с эпизодической ГБН (б) и хронической ГБН (в) при интеллектуальной нагрузке; выбраны отведения, в которых изменения были статистически достоверными:

- – повышение показателя;
- – снижение показателя

19,47 %, P3 – 24,71 %, O1 – 16,79 %, $p < 0,05$) (рисунок, б), а у подростков 2-й группы – в правом заднем лобном (F8 – 23,41 %, $p < 0,05$) и левом заднем височном (T5 – 18,43 %, $p < 0,05$) отведениях. Следует отметить снижение показателей в арифметической пробе у пациентов с хронической ГБН (рисунок, в) в левом переднем лобном (F3 – 25,58 %, $p < 0,05$),

передних височных (Т3 – 24,33 %, Т4 – 21,71 %, $p < 0,05$), правом заднем височном (Т6 – 41,30 %, $p < 0,01$) и центральных (С3 – 17,22 %, $p < 0,05$; С4 – 38,93 %, $p < 0,01$) отведениях, которые были достоверными по сравнению как с 1-й, так и со 2-й группой.

Обсуждение результатов. Интеллектуальная проба (обратный счёт в уме) вызывает усиление эмоционального напряжения (об этом можно было судить на основании анализа variability сердечного ритма, который проводился одновременно с анализом ЭЭГ), что нашло отражение в изменении уровня хаоса — его повышении в ряде областей мозга. Поэтому неудивительно, что в контрольной группе повышение энтропии Колмогорова–Синяя отмечено в левом заднем височном и теменном отведениях, так как общеизвестно, что корковое представительство счётных функций находится на стыке теменной, височной и затылочной долей доминантного полушария большого мозга.

У пациентов с ГБН интеллектуальная нагрузка вызывала как повышение, так и снижение показателей энтропии Колмогорова–Синяя. Как следует трактовать эти изменения: как процессы адаптации или «поломки»? Можно предположить, что при повышении уровня хаотической динамики у испытуемых в условиях эмоционального напряжения повышаются возможности самоорганизации, увеличивается способность к формированию упорядоченных адаптивных диссипативных структур, обеспечивая мозгу «информационно-богатое состояние», «спектральный резерв». Иными словами, обеспечивается готовность мозга за счёт способности к самоорганизации сгенерировать новую адаптивную активность, что, собственно, и нашло отражение в изменении уровня хаоса — его повышении в ряде областей мозга в контрольной группе.

Выявленное повышение уровня энтропии Колмогорова–Синяя у подростков с эпизодической ГБН в состоянии покоя в областях полушарий, соответствующих проекции лимбико-ретикулярного комплекса, можно интерпретировать как стадию ирритации данной структуры. При этом функциональная ментальная нагрузка не привела к ещё большему увеличению энтропии Колмогорова–Синяя в указанных областях, отражая, по-

видимому, работу на пределе, к исчерпанию резервных возможностей гиперактивных структур лимбико-ретикулярного комплекса. Тем не менее, показательны процессы формирования характерной адаптивной активности у данной категории больных — приспособления к новому состоянию — счёту в уме, в виде увеличения количества активных параллельных функциональных процессов и вовлечения рядом расположенных областей головного мозга. Эти данные согласуются данными о повышении уровня тревожности (шкала Ч. Спилбергера для диагностики тревожности), выявленном у пациентов с эпизодической ГБН. Однако такого рода чрезмерная реакция не приводит к должной самоорганизации, увеличению способности к формированию упорядоченных адаптивных диссипативных структур и, следовательно, способности к полноценной адаптации, так как результативность счёта в уме у исследуемых 1-й и 2-й групп была ниже, чем в контрольной группе.

Это предположение косвенно подтверждается распределением и характером показателей нелинейной динамики у пациентов с хронической ГБН, которая часто является следующей стадией заболевания — хронизации ГБН. Резкое снижение энтропии Колмогорова–Синяя в центрально-височных отведениях указывает на участие в формировании патологического состояния эмоциогенных структур лимбической системы. Возможно, у этой категории больных происходит активация механизмов самоограничения, характерных для нелинейных динамических систем мозга, когда их параметры достигают предельных значений. Кроме того, снижение оптимального уровня хаоса, который обеспечивает готовность мозга за счёт способности к самоорганизации генерировать новую адаптивную активность, обуславливает снижение способности к формированию упорядоченных адаптивных диссипативных структур. При снижении кортикальной динамики организм переходит в «информационно-обеднённое состояние», происходит снижение информационного резерва, что при значительном или продолжительном воздействии может привести к «поломкам» регуляции. Наряду с этим, отмечается повышение уровня депрессии у данной группы пациентов.

Выводы

Механизмы ирритации с последующей декомпенсацией, снижением резервных возможностей, а также нарушения интегративной деятельности мозга выступают как ведущие при расстройствах церебрального гомеостаза у пациентов с ГБН и отражают функциональную недостаточность в пределах структур, объединённых в лимбико-ретикулярный комплекс. Мозговая неполноценность в области глубинных структур мозга обуславливает нарушение механизмов регуляции, снижение адаптивных возможностей подростков с головной болью напряжения. Исследование нелинейного параметра – энтропии Колмогорова–Синяя – является объективным количественным показателем изменения динамических характеристик ключевых корковых и лимбико-ретикулярных структур мозга, принимающих участие в формировании адаптивных процессов у пациентов с эпизодическими и хроническими головными болями напряжения. Значение энтропии Колмогорова–Синяя может являться показателем индивидуальной устойчивости нейродинамических систем в условиях повышенных требований к организму, функциональных нагрузок, изменения внешней и внутренней среды, которые нередко являются провоцирующими факторами головных болей напряжения.

рова–Синяя – является объективным количественным показателем изменения динамических характеристик ключевых корковых и лимбико-ретикулярных структур мозга, принимающих участие в формировании адаптивных процессов у пациентов с эпизодическими и хроническими головными болями напряжения. Значение энтропии Колмогорова–Синяя может являться показателем индивидуальной устойчивости нейродинамических систем в условиях повышенных требований к организму, функциональных нагрузок, изменения внешней и внутренней среды, которые нередко являются провоцирующими факторами головных болей напряжения.

Список литературы

1. Алексеев В. В. Современные представления и основные принципы терапии боли / В. В. Алексеев // Рос. мед. журн. – 2011. – Т. 19. – С. 6–8.
2. Головные боли напряжения и психогенные головные боли и оценка эффективности их лечения венлафаксином / Г. М. Дюкова, Г. Г. Торопина, М. О. Ковальчук, Р. В. Семенов // Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2010. – № 3. – С. 10–14.
3. Jensen R. Tension-type headache: an update on mechanisms and treatment / R. Jensen, J. Olesen // Curr. Opin. Neurol. – 2000. – Vol. 13 (3). – P. 285–289.
4. Інформаційні технології для дослідження нейродинамічних систем мозку методами багаторозмірного спектрального аналізу і детерміністського хаосу по ЕЕГ-сигналах / О. Ю. Майоров, В. М. Фенченко, А. Б. Прогнімак, М. Фрицше // Медична та біологічна інформатика і кібернетика: Перший Всеукраїнськ. з'їзд з міжнар. участю : зб. праць. – К., 2010. – С. 185.
5. Mayorov O. Y. Anticipation stress reduces information processing in the human cortex: an experimental EEG study / O. Yu. Mayorov, L. Fritzsche, M. Fritzsche // J. Behavioral and Brain Functions. – 2010. – Vol. 6. – С. 22.
6. Headache Classification Committee of International Headache Society. The International Classification of Headache Disorders // Cephalalgia. – 2004. – Vol. 24. – P. 1–160.
7. Olesen J. Headache classification update 2004 / J. Olesen, R. B. Lipton // Curr. Opin. Neurol. – 2004. – Vol. 17. – P. 275–282.

К.А. Степанченко

СТІЙКІСТЬ НЕЙРОДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ У ПІДЛІТКІВ З ГОЛОВНИМ БОЛЕМ НАПРУЖЕННЯ В УМОВАХ МЕНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Проаналізовано стан динамічних систем мозку у підлітків з головним болем напруження при інтелектуальному навантаженні. На основі оцінки параметра ентропії Колмогорова–Синяя по ЕЕГ показано зниження здатності до формування нової адаптивної активності з почастішанням епізодів головного болю. Виявлені порушення віддзеркалюють функціональну недостатність у межах структур, об'єднаних у лимбіко-ретикулярний комплекс.

Ключові слова: головний біль напруження, підлітки, ЕЕГ, нелінійний аналіз.

К.А. Stepanchenko

STABILITY OF NEURODYNAMIC SYSTEMS IN ADOLESCENTS WITH TENSION-TYPE HEADACHE IN INTELLECTUAL TASKS

The state of dynamical systems of the brain in adolescents with tension-type headache during performance of intellectual tasks was established. On the basis of estimating the Kolmogorov–Sinai entropy of the EEG showed reduced ability to form a new adaptive activity with an increase frequency of episodes of a headache. The taped disturbances reflect a functional deficiency of limbic-reticular complex.

Key words: tension-type headache, adolescents, EEG, nonlinear analysis.

Поступила 10.04.12