УДК 612.014.42/591.3

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ ЖЕНЩИН В ТЕЧЕНИЕ РЕПРОДУКТИВНОГО ПЕРИОДА ОНТОГЕНЕЗА

И. Н. ЧАДОВА
ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь

Аннотация. От начала репродуктивного периода онтогенеза к его концу у лиц женского пола установлено постепенное снижение амплитудно-мощностного статуса электроэнцефалографии, преобладающее в спектрах медленных ритмов и сопровождающееся параллельным усилением частоты дельта- и тета-компонентов электроэнцефалографии, а также локальным ростом амплитуды спектров бета Н- и бета В-ритмов в фронтальных отделах скальпа.

Ключевые слова: онтогенез, электроэнцефалограмма, женщины, амплитуда, мощность, частота.

Согласно современным представлениям фоновая биоэлектрическая активность коры головного мозга (БЭАГМ) человека стабилизируется в юношеский период онтогенеза и сохраняет такое относительно константное состояние до 60–70 лет [10, с. 84–95]. Однако ввиду воздействия на организм множества факторов, способных значительно влиять на нейродинамические параметры мозга человека, считать показатели электроэнцефалографии (ЭЭГ) полностью схожими в различные промежутки столь длительного возрастного периода представляется не вполне справедливым. Особенно сомнительно отсутствие возрастной динамики значений параметров ЭЭГ лиц женского пола в течение репродуктивного периода онтогенеза, характеризующегося помимо прочего известными регулярными гормональными сдвигами, сопутствующими ОМЦ (овариально-менструальный цикл), а также преклимактерическими перестройками. Очевидно, что сочетанное воздействие этих и других факторов на ЭЭГ женщин предполагает наличие онтогенетических тенденций в динамике БЭАГМ. Но факты, подтверждающие это, в настоящее время являются малочисленными и противоречивыми, что, по всей видимости, объясняется методическим подходом к такого рода исследованиям, который чаще всего характеризуется выборочным изучением отдельных параметров и отдельных ритмов ЭЭГ, а также отсутствием учета стадийности ОМЦ. Поэтому **цель работы**: изучение динамики параметров ЭЭГ лиц женского пола в течение репродуктивного периода онтогенеза с учетом срока ОМЦ.

Материалы и методы. Для регистрации ЭЭГ использованы: 21-канльный электроэнцефаллограф «Нейрон-Спектр-4/ВП» (система «10–20» по Jasper), цифровое оборудование – производство компании Нейрософт. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакетов программ Microsoft Excel (2007), STATISTIKA v. 6.0. В исследовании добровольно приняли участие 65 женщин-правшей в возрасте от 16 до 45 лет. Корреляционный анализ проводился между значениями возраста испытуемых (в месяцах), расположенными в порядке возрастания, и соответствующими им нейродинамическими показателями ЭЭГ по всем отведениям каждого исследуемого параметра. Всего было сформировано два возрастных вариационных ряда: 1) лица женского пола от 16 до 45 лет, находящиеся на доовуляторной стадии (1–8 дни ОМЦ), 2) лица женского пола от 16 до 45 лет, находящиеся на постовуляторной стадии (15–28 день ОМЦ). На основе корреляционного анализа устанавливалась степень, направленность, характер влияния возраста на следующие параметры каждого ЭЭГ-ритма (дельта-, тета-, альфа-, бета Н-низкочастотное, бета В-высокочастотное) по каждому отведению: амплитуда спектра (полная, средняя, максимальная) мкВ; мощность спектра (полная, средняя, максимальная) мкВ·мкВ/с; частота (средняя, доминирующая) Гц. Для подтверждения общей закономерности с по-

мощью Т-критерия Стьюдента по каждому отведению проводилось сравнение абсолютных величин всех исследуемых показателей ЭЭГ женской юношеской группы (16–21 лет) с данными величинами женской группы зрелого возраста (22–45 лет) и сравнение усредненных абсолютных величин показателей ЭЭГ женской группы ранней зрелости (22–35 лет) с такими величинами женской группы поздней зрелости (36–45).

Результаты и обсуждение. В группе лиц женского пола, находящихся на постовуляторной стадии ОМЦ, в виде стабильно отрицательных заметных и выраженных ($P < 0,05$) корреляционных связей между значениями амплитуды (полной, средней, максимальной), а также мощности (полной, средней, максимальной) спектров ритмов ЭЭГ и показателями возраста испытуемых (в месяцах) установлено постепенное снижение данных параметров ЭЭГ от начала репродуктивного периода онтогенеза к его концу. Такая регрессия проявлялась более масштабно в спектрах медленных дельта- и тета-ритмов ЭЭГ, менее масштабно – в спектрах альфа и бета В-ритмов и полностью отсутствовала в спектре бета Н-ритма ЭЭГ.

Наибольшее количество корреляций было выявлено по показателю средней мощности и средней амплитуды ЭЭГ в постериорных отделах скальпа, что, по всей видимости, объясняется большей инвариантностью значений ЭЭГ в задней области скальпа [1, с. 102–109]. Так, относительно параметра средней амплитуды спектра дельта ритма такие R обнаружились практически во всех отведениях скальпа (за исключением левых лобных участков скальпа), но наибольшую степень выраженности они имели в задних отделах конвекситальной поверхности мозга: P4A2 (R = – 0,59, P > 0,05), P3A1 (R = –0,56, P > 0,05), C4A2 (R = – 0,49 P > 0,05), PzA1 (R = – 0,66, P > 0,05), OzA2 (R = – 0,56, P > 0,05), T6A2 (R = – 0,59, P > 0,05), O1A1 (R = – 0,51, P > 0,05). В спектре тета-ритма по данному показателю R отмечались в теменных P4A2 (R = – 0,41, P > 0,05), P3A1 (R = – 0,5, P > 0,05), PzA1 (R = – 0,5, P > 0,05), правом центральном C4A2 (R = – 0,41, P > 0,05), правом затылочном OzA2 (R = – 0,38, P > 0,05), а также в задних лобных отведениях F4A2 (R = – 0,42, P > 0,05), F3A1 (R = – 0,51, P > 0,05), FzA1 (R = – 0,55, P > 0,05), в спектре альфа-ритма – в теменных P4A2 (R = – 0,38, P > 0,05), P3A1 (R = – 0,39, P > 0,05) и в левом височном отведении T5A1 (R = – 0,39, P > 0,05), в спектре бета В-ритма ЭЭГ – в затылочных OzA2 (R = – 0,58, P > 0,05), O1A1 (R = – 0,46, P > 0,05), теменных P4A2 (R = –0,47, P > 0,05), P3A1 (R = –0,43, P > 0,05), PzA1 (R = – 0,54, P > 0,05) и правом центральном отведении C4A2 (R = – 0,39, P > 0,05).

Т-критерий Стьюдента подтвердил снижение амплитудно-мощностного статуса ЭЭГ женщин в восходящем онтогенезе преобладанием абсолютных амплитудных и мощностных величин спектров ритмов ЭЭГ юношеской группы над значениями данных величин зрелой группы и более высокими абсолютными амплитудными и мощностными величинами спектров ритмов ЭЭГ женщин ранней зрелости по сравнению с такими величинами женщин поздней зрелости. В качестве примера приведены статистически достоверные данные по наиболее информативным показателям – средняя спектральная амплитуда и средняя спектральная мощность ЭЭГ (табл. 1, 2). При этом если от юношества к периоду зрелости, наряду с локальным снижением амплитуды и мощности медленных ритмов обнаружилось более обширное снижение амплитудно-мощностных величин спектров альфа и бета В-ритмов, по всей видимости, являющееся следствием предшествующих пубертатных сдвигов в БЭАГМ, то возрастная регрессия данных параметров ЭЭГ на протяжении периода зрелости в спектрах альфа, бета В- и бета Н-ритмов ЭЭГ полностью отсутствовала, а в спектрах дельта- и тета-ритмов ЭЭГ, напротив, широко отмечалась в правом полушарии.

Такая топография, вероятно, являлась следствием преобладающего влияния на данную гемисферу гормонов, обусловленного более тесной связью правого полушария с диэнцефальными структурами, ответственными за нейрогуморальный контроль [9, с. 76–77]. В левых фронтальных отведениях, напротив, обнаружилось повышение амплитуды и мощности спектров бета Н и бета В-ритмов ЭЭГ в восходящем онтогенезе, регистрирующиеся в доовуляторной женской группе в виде положительных корреляций между значениями возраста (в месяцах) и показателями средней и полной мощности, средней и полной амплитуды ЭЭГ в левом заднем лобном отведении

F7A1, а также в виде более высоких абсолютных величин максимальной и полной амплитуды спектров бета Н- и бета В-ритма зрелых женщин по сравнению с такими величинами юных девушек. Например, абсолютные величины полной амплитуды спектра бета В юношеской группы принимали такие значения: F7A1 (22,42 ± 1,71), Fp1A1 (26,62 ± 2,25), а в зрелой группе достигали таких значений: F7A1 (30,2 ± 1,92), Fp1A1 (34 ± 2,74).

Таблица 1 – Усредненные абсолютные величины (*M* ± *m*) средней амплитуды спектров ритмов ЭЭГ женского пола (*P* < 0,05) в различных возрастных группах

Гр. / Отв.	юнош.	зрел.	*t*-зн.	ранн. зрел.	поздн. зрел.	*t*-зн.
спектр дельта-ритма						
P4A2	–	–	–	1,33 ± 0,09	1,12 ± 0,05	2,09
F8A2	–	–	–	1,21 ± 0,1	0,97 ± 0,05	2,31
T6A2	–	–	–	1,37 ± 0,13	0,96 ± 0,04	3,18
PzA1	0,82 ± 0,05	0,68 ± 0,04	2,38	–	–	–
спектр тета-ритма						
PzA1	0,82 ± 0,05	0,68 ± 0,04	2,38	–	–	–
C4A2	–	–	–	0,85 ± 0,05	0,62 ± 0,03	3,91
F8A2	–	–	–	0,66 ± 0,05	0,45 ± 0,02	3,99
F4A2	–	–	–	0,79 ± 0,07	0,64 ± 0,03	2,89
Fp2A2	–	–	–	0,76 ± 0,05	0,6 ± 0,03	2,83
T6A2	–	–	–	0,7 ± 0,07	0,47 ± 0,03	3,26
CzA2	–	–	–	0,92 ± 0,09	0,72 ± 0,03	2,22
спектр альфа-ритма						
P4A2	1,35 ± 0,14	0,87 ± 0,08	3,02	–	–	–
P3A1	1,27 ± 0,13	0,91 ± 0,08	2,4	–	–	–
T6A2	0,87 ± 0,1	0,6 ± 0,06	2,33	–	–	–
PzA1	1,32 ± 0,1	0,96 ± 0,09	2,37	–	–	–
спектр бета В-ритма						
O1A1	0,26 ± 0,02	0,22 ± 0,01	2,03	–	–	–
P4A2	0,25 ± 0,01	0,2 ± 0,01	2,49	–	–	–
P3A1	0,24 ± 0,01	0,2 ± 0,01	2,65	–	–	–
PzA1	0,26 ± 0,01	0,21 ± 0,01	3,49	–	–	–
F7A1	0,17 ± 0,01	0,21 ± 0,02	– 2,17	–	–	–

Таблица 2 – Усредненные абсолютные величины (*M* ± *m*) средней мощности спектров ритмов ЭЭГ женского пола (*P* < 0,05) в различных возрастных женских группах

Гр. / Отв.	юнош.	зрел.	*t*-зн.	ранн. зрел.	поздн. зрел.	*t*-зн.
спектр дельта-ритма						
T6A2	–	–	–	3,18 ± 0,82	1,37±0,22	2,39
PzA1	–	–	–	2,84 ± 0,34	1,99±0,25	2,2
спектр тета-ритма						
C4A2	–	–	–	1 ± 0,14	0,52 ± 0,06	3,53
F8A2	–	–	–	0,63 ± 0,11	0,27 ± 0,02	3,52
F4A2	–	–	–	0,87 ± 0,1	0,54 ± 0,05	3,05
Fp2A2	–	–	–	0,8 ± 0,1	0,49 ± 0,05	2,82
T6A2	–	–	–	0,73 ± 0,15	0,33 ± 0,06	2,62
CzA2	–	–	–	1,27 ± 0,3	0,69 ± 0,06	2,08
спектр альфа-ритма						
P4A2	3,97 ± 0,91	1,51 ± 0,26	2,66	–	–	–
P3A1	3,51 ± 0,78	1,59 ± 0,27	2,39	–	–	–
T6A2	1,71 ± 0,5	0,67 ± 0,13	2,08	–	–	–
PzA1	3,68 ± 0,77	1,81 ± 0,3	2,318	–	–	–
спектр бета В-ритма						
O1A1	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,008	2,29	–	–	–
P4A2	0,1 ± 0,01	0,06 ± 0,007	2,74	–	–	–
P3A1	0,1 ± 0,01	0,06 ± 0,006	2,87	–	–	–
PzA1	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,006	3,25	–	–	–

Учитывая особую роль бета-компонента ЭЭГ в кодировании приобретенного опыта, а также в процессе интеграции сложных стимулов и внимания [4, с. 51–60], такое повышение его спектральных амплитудно-мощностных значений с возрастом в лобных отделах скальпа, происходящее на фоне более масштабного снижения значений данных параметров спектров всех ритмов ЭЭГ (кроме бета Н-ритма), вероятно, является одним из проявлений церебрального компенсаторного механизма.

От начала репродуктивного периода онтогенеза к его концу также установлено постепенное повышение средней и доминирующей частоты медленных ритмов ЭЭГ. Так, в спектре дельта-ритма по показателю доминирующей частоты данная динамика обнаружилась в виде прямых корреляций в группе женщин, находящихся на доовуляторной стадии ОМЦ в лобных F4A2 (R = 0,41, P < 0,05), Fp2A2 (R = 0,58, P < 0,05), FpzA2 (R = 0,59, P < 0,05) и теменных отведениях P4A2 (R = 0,45, P < 0,05), PzA1 (R = 0,47, P < 0,05) правого полушария, а в спектре тета-ритма – в постовуляторную фазу ОМЦ по всей задней правой области скальпа P4A2 (R = 0,55, P < 0,05),

O2A2 (R = 0,51, P < 0,05), T6A2 (R = 0,41, P < 0,05), T4A2 (R = 0,4, P < 0,05), CzA2 (R = 0,55, P < 0,05), OzA2 (R = 0,5, P < 0,05) и в некоторых правых лобных отведениях F8A2 (R = 0,39, P < 0,05), FpzA2 (R = 0,39, P < 0,05). В соответствии с этим Т-критерий Стьюдента выявил более высокие абсолютные величины доминирующей частоты спектров дельта- и тета-ритмов ЭЭГ у зрелых женщин по сравнению с юными девушками и в единичных случаях – у женщин группы поздней зрелости по сравнению с женщинами группы ранней зрелости ЭЭГ (табл. 3).

Таблица 3 – Усредненные абсолютные величины (*M* ± *m*) доминирующей частоты спектров ритмов ЭЭГ (*P* < 0,05) женского пола в различных возрастных группах

Гр. / Отв.	юнош.	зрел.	*t*-зн.	ранн. рел.	поздн. зрел.	*t*-зн.
спектр дельта-ритма						
C4A2	–	–	–	0,8 ± 0,11	1,36 ± 0,2	– 2,28
спектр тета-ритма						
O2A2	5,19 ± 0,27	6,03 ± 0,26	– 2,24	–	–	–
O1A1	5,72 ± 0,3	4,94 ± 0,22	2,09	–	–	–
P4A2	5,16 ± 0,2	6,03 ± 0,27	– 2,49	–	–	–
C4A2	5,2 ± 0,25	6,37 ± 0,26	– 3,25	–	–	–
C3A1	4,9 ± 0,22	5,77 ± 0,28	– 2,36	–	–	–
F7A1	4,77 ± 0,2	5,55 ± 0,29	– 2,18	–	–	–
F4A2	–	–	–	5,03 ± 0,36	6,1 ± 0,31	– 2,36
T6A2	5,15 ± 0,26	5,99 ± 0,26	– 2,3	5,42 ± 0,38	6,53 ± 0,4	– 2,47
CzA2	5,12 ± 0,21	5,92 ± 0,27	– 2,37	–	–	–
OzA2	4,89 ± 0,21	5,73 ± 0,29	– 2,31	–	–	–

Такое реципрокное усиление частоты спектров медленных ритмов ЭЭГ в течение репродуктивного периода онтогенеза, происходящее на фоне снижения их амплитудных и мощностных характеристик, по всей видимости, также является проявлением компенсаторного церебрального механизма, осуществляющегося по закону перераспределения энергии и заключающегося в восполнении недостаточности одного параметра за счет усиления другого параметра.

Вероятно, немалую роль в установленной амплитудно-мощностной возрастной регрессии спектров ритмов ЭЭГ в течение репродуктивного периода жизни лиц женского пола среди прочей совокупности экзо- и эндогенных факторов играют нейрогуморальные сдвиги, сопутствующие смене фаз ОМЦ и преклимактерическим перестройкам. По всей видимости, непрерывная включенность микроритмической церебральной активности (ЭЭГ) в макроритмические процессы, одним из которых является ОМЦ, постепенно снижает мозговой энергетический потенциал в восходящем онтогенезе [2, с. 11–19], а падение уровня стероидов к концу периода зрелости, являющееся следствием как преклимактерических изменений, так и более раннего естественного истощения пула фолликулов – важной детерминанты эстрогеновой и гонадотропной функции [7, с. 78–88], усиливают данную регрессивную тенденцию. Так, известно, что уменьшение концентрации эстродиола приводит к снижению функционирования ин-

дукторов мощности тета-ритма ЭЭГ – холинергической и норадренергической систем [5, с. 101–113; 8, с. 46–62].

Влияние стероидов на дельта-ритм ЭЭГ практически не изучено, однако в связи с тем, что результаты, полученные для спектра данного ритма, во многом соответствуют результатам, установленным для спектра тета-ритма ЭЭГ, можно говорить о схожести механизмов, лежащих в основе возрастной амплитудно-мощностной динамики обоих компонентов ЭЭГ. Это подтверждается современными представлениями о близком расположении осцилляторов данных ритмов ЭЭГ в глубинных церебральных структурах [6, с. 294], кроме того, отражающими их более раннее филогенетическое происхождение и менее совершенную организацию по сравнению с более поверхностно локализованной быстрой ритмикой [11, p. 477–483], что по всей видимости, и обусловливает большую подверженность спектров дельта- и тета-ритмов ЭЭГ возрастным изменениям, проявляющуюся в более быстром снижении их амплитудно-мощностного статуса в онтогенезе. Полученные данные подтверждаются ранее установленной в нашей лаборатории тенденцией к уплощению амплитудного компонента ЭЭГ в онтогенезе, выявленной без учета полового аспекта [3, с. 84–91].

Заключение. Снижение амплитуды и мощности параметров ЭЭГ лиц женского пола от начала репродуктивного периода жизни к его завершению, по всей видимости, обусловлено сочетанным влиянием на женский организм совокупности факторов, среди которых значимыми являются нейрогуморальные сдвиги, сопутствующие чередованию фаз ОМЦ и преклимактерическим изменениям. Последние, предположительно, играют существенную роль в усилении регрессии спектров дельта- и тета-ритмов ЭЭГ к концу периода зрелости. Происходящее параллельно с этим повышение частоты данных составляющих ЭЭГ, а также рост амплитуды только бета-компонентов ЭЭГ и лишь в лобных областях скальпа, вероятно, является компенсаторной реакцией на данные сдвиги БЭАГМ. При этом большая вовлеченность в возрастную динамику ЭЭГ медленной ритмики и меньшая – быстрочастотных компонентов ЭЭГ, по всей видимости, связана с более глубинной локализацией осцилляторов первых и более поверхностной локализацией генераторов вторых [5, с. 101–119], указывающей на филогенетически наиболее позднее возникновение альфа- и бета-компонентов БЭАГМ, а соответственно – и на их прогрессивность, обеспечивающую им большую стабильность в онтогенезе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базанова О. М. Вариабельность и воспроизводимость индивидуальной частоты альфа-ритма ЭЭГ в зависимости от экспериментальных условий // Журнал высшей нервной деятельности. – 2011. – № 1.
2. Водолажская М. Г., Рослый И. М., Водолажский Г. И. Общность физиологических и биохимических процессов на модели иерархической организации биологических ритмов. – Ч. 1 // Вестник восстановительной медицины. – 2006. – № 3.
3. Водолажский Г. И. Изменения амплитуды ритмов ЭЭГ в онтогенезе человека. Нейродинамический анализ // Вестник Московского государственного областного университета. – 2009. – № 4.
4. Вольф Н. В., Глухих А. А. Фоновая электрическая активность мозга при «успешном» ментальном старении // Физиология человека. – 2011. – № 5.
5. Кичигина В. Ф. Механизмы регуляции и функциональное значение тета-ритма: роль серотонинергической и норадренергической систем // Журнал высшей нервной деятельности. – 2004. – № 1.
6. Куксова Н. С. К вопросу об источниках генерации медленной активности на ЭЭГ // XX съезд Физиологического общества им. И. П. Павлова. Тезисы докладов. – М. : Русский врач, 2007.
7. Татарчук Т. Ф., Бодрягова О. И. Дисфункциональные маточные кровотечения у женщин позднего репродуктивного возраста // Medix anti-aging – 2010. – № 2.
8. Федотова Ю. О., Сапронов Н. С. Эффекты эстрогенов в центральной нервной системе // Успехи физиологических наук. – 2007. – № 2.
9. Фотекова Т. А. Развитие высших психических функций у подростков // Физиология развития человека : материалы Международной научной конференции. – М. : Вердана, 2009.

10. Шеховцев И. К. Диагностика расстройств памяти лиц пожилого возраста по параметрам электроэнцефалограммы // Успехи физиологических наук. – 2006. – № 1.
11. Influence of Geophysical Factors on the Parameters of the Human Electroencephalogram / M. Vodolazhskaya, G. Vodolazhsky, M. Naimanova [et al.] // Biophysics. – 2010. – № 3.
12. Результаты суточного мониторинга артериального давления в дифференциальной диагностике артериальной гипертензии при беременности у женщин Республики Бурятия / И. Б. Фаткуллина, Б. Б. Тудупова, Л. Л. Алексеева [и др.] // Научное обозрение. – 2009. – № 6.

***Чадова Инна Николаевна**, зав. лабораторией нейрофизиологии, ООО «Независимый медицинский центр им. Д. Р. Лунца», аспирант, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»: Россия, 355029, г. Ставрополь, просп. Кулакова, 2.*

Тел.: (865-2) 95-68-08
E-mail: innachadova@yandex.ru

DYNAMICS OF ELECTROENCEPHALOGRAPHY OF FEMALES IN THE COURSE OF REPRODUCTIVE PERIOD OF ONTOGENESIS

***Chadova Inna Nikolaevna,** head of neurophysiology laboratory, "Nezavisimy meditsinsky tsentr im. D. R. Luntsa" Ltd., postgraduate student, North Caucasus federal university. Russia.*

***Keywords:** ontogenesis, electroencephalography, females, amplitude, power, frequency.*

The work discovers a gradual decrease of amplitude-power status of electroencephalography in females from the beginning of reproductive period of ontogenesis towards its end. This decrease is prevalent in slow rhythms spectra and is accompanied by parallel amplification of the frequency of delta- and theta-components of electroencephalography, as well as the local increase of the amplitude of beta H- and beta B-rhythms spectra in frontal scalp sections.