

УДК 612.87:612.43:612.821

**ЭТОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ЭФФЕКТЫ ХЕМОКОММУНИКАЦИИ ЛЮДЕЙ,
ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ЭНДОКРИННЫМ И
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ СТАТУСОМ**

Н.А. Литвинова, О.В. Булатова, В.В. Трасковский

Кемеровский государственный университет
E-mail: olgakemsu@mail.ru

Литвинова Надежда Алексеевна, д-р биол. наук, профессор кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности Кемеровского государственного университета.
E-mail: litvinca@kemsu.ru
Область научных интересов: хемокоммуникация человека, электрофизиология, эндокринология.

Булатова Ольга Владимировна, канд. биол. наук, доцент кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности Кемеровского государственного университета.
E-mail: olgakemsu@mail.ru
Область научных интересов: хемокоммуникация человека, электрофизиология, эндокринология.

Трасковский Вячеслав Владимирович, аспирант кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности Кемеровского государственного университета.
E-mail: traskovskiy@mail.ru
Область научных интересов: хемокоммуникация человека, электрофизиология, эндокринология.

Изучена электрическая активность головного мозга у 17 девушек в ответ на предъявление запаховых стимулов в зависимости от фазы овариально-менструального цикла и полового опыта реципиентов. Регистрация электроэнцефалограммы проводилась по системе 10–20 в 16 стандартных отведениях и электроокулограммы с частотой дискретизации 1000 Гц в частотном диапазоне от 0,5 до 70 Гц с помощью электроэнцефалографа-анализатора Neurovisor 40 U. Расчет спектральной мощности осуществлялся при помощи программы Неокортекс-Про. Статистическая обработка при помощи пакета прикладных программ Statistica 6.0. Выявлено, что у активно ведущих половую жизнь девушек (третья группа) наблюдалась самая высокая абсолютная спектральная мощность электроэнцефалограммы во всех локализациях и отсутствие асимметрии. Девушки с нечастой половой жизнью (вторая группа) отличались самой низкой суммарной спектральной мощностью электроэнцефалограммы во всех отведениях и наличием асимметрии (преобладание правого полушария) в рецептивной фазе, тогда как у девушек, не имеющих полового опыта (первая группа), подобная асимметрия наблюдалась в лютеиновой фазе. В ответ на предъявление запаховых стимулов (водного раствора спирта и водно-спиртового раствора андростендиенона) выявлено снижение усредненной спектральной мощности ЭЭГ-ритмов на первые три более низких концентрации, начиная с четвертой – увеличение. Подобная реакция в основном характерна для девушек первой и третьей группы.

Ключевые слова: ЭЭГ-реакции, обоняние, запахи, менструальный цикл, половой опыт.

Введение

Несмотря на доминирование у человека зрительных и слуховых форм общения и кажущееся полное вытеснение обонятельных сигналов, последние продолжают оказывать определенное влияние на физиологическое состояние и поведение людей, являясь компонентами системы невербальной коммуникации [1].

В настоящее время установлено, что специализированные сигнальные молекулы, выделенные из состава мочи, выделений сальных и потовых желез, вызывают разнообразные физиологические реакции, влияющие на поведение человека [2–6]. В то же время на восприятие запахов влияет психологическое и физиологическое состояние реципиентов запаха [7].

Обмен хемосигналами между потенциальными партнерами играет важную роль не только в активации половой функции, но и сигнализирует о возможных инфекционных рисках, связанным с размножением.

Одним из сигнальных факторов, который модулирует поведение человека, являются феромоны. Люди, хотя и менее чувствительны к запахам, не выпадают из общего списка видов, использующих хемосигналы в социальном взаимодействии [8].

В настоящее время появились работы по изучению изменения электрической активности головного мозга в ответ на предъявление различных запахов [9–10]. Однако работ, посвященных изучению влияния на ЭЭГ человека половых феромонов, недостаточно, и они носят противоречивый характер.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение электрической активности головного мозга девушек при предъявлении запаховых стимулов в зависимости от фазы овариально-менструального цикла и полового опыта реципиентов.

Материал и методы

В исследовании приняли участие 17 девушек-реципиентов в возрасте 18–20 лет. Исследование проводилось в рамках медицинских и этических норм. Все испытуемые были ознакомлены с условиями исследования и дали добровольное согласие на участие.

Исследование состояло из двух этапов.

На первом этапе девушки заполняли анкету и вели календари овариально-менструального цикла. На основании анкет испытуемые были поделены на три группы по «половому опыту» (I группа – не имеющие полового опыта; II группа – живущие половой жизнью не чаще 1 раза в неделю; III группа – более 1 раза в неделю). По индивидуальным календарям подбирался день начала ольфакторного тестирования – один из пяти дней середины менструального цикла, овуляторная фаза, которая является рецептивной фазой для имплантации оплодотворенной яйцеклетки (рецептивная).

На втором этапе дважды (сначала в рецептивную фазу овариально-менструального цикла и через неделю) проводилось ольфакторное тестирование запаховых стимулов: вода, водно-спиртовой раствор мужского феромона (андростендиенона) в пяти концентрациях, каждая из которых отличалась в два раза – самая высокая 0,0035 %, и раствор этилового спирта в таких же концентрациях, что и в растворах феромона.

Перед ольфакторным тестированием записывали фоновую ЭЭГ с закрытыми глазами в течение двух минут. При регистрации электроэнцефалограммы запахи испытуемым предъявлялись с закрытыми глазами в следующем порядке: вода, водный раствор этилового спирта, водно-спиртовой раствор феромона, начиная с самой низкой концентрации, – пять циклов подряд. Запах предъявлялся по 10 секунд с 30-секундным интервалом покоя, между циклами – 1 минута. Пенициллиновый флакон с водой использовался как контрольный запах для всех, чтобы нивелировать сенсорную реакцию, связанную с предъявлением запахов испытуемым. Фоновую электрическую активность головного мозга использовали для оценки психофизиологического статуса.

ЭЭГ регистрировали с 16 стандартных отведений левого и правого полушария: симметричных префронтальных – Fp_1 и Fp_2 ; лобных – F_3 и F_4 ; центральных – C_3 и C_4 ; теменных – P_3 и P_4 ; затылочных – O_1 и O_2 ; височных – F_7 , F_8 , T_3 , T_4 , T_5 , T_6 , по международной системе Г. Джаспера «10–20 %» при помощи 40-канального энцефалографа Neurovisor 40U. Заземляющий электрод накладывается в область Fz, а референтные ипсилатерально – на мочки ушей.

Аналого-цифровое преобразование сигнала проводили с частотой дискретизации 1000 Гц в полосе частот от 0,5 до 70 Гц. Расчет параметров спектра мощности биопотенциалов ЭЭГ выполняли при помощи программы «Нейрокортекс-Про». Для анализа выбирали 2-секундные безартефактные эпохи, взятые во время предъявления запаховых стимулов. Для каждого отведения методом быстрого преобразования Фурье были получены значения спектральной мощности ЭЭГ (площадь под кривой) в девяти частотных диапазонах: дельта (0,5–3,0 Гц), тета-1 (3–6 Гц), тета-2 (6–8 Гц), альфа-1 (8–10 Гц), альфа-2 (10–13 Гц), бета-1 (13–20 Гц), бета-2 (20–30 Гц), гамма-1 (30–50 Гц) и гамма-2 (50–70 Гц).

Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа ANOVA с коррекцией статистической значимости эффектов взаимодействия факторов по

методу Гринхауза – Гейссера. Для нормализации данных проводили логарифмирование мощности биопотенциалов.

Дисперсионный анализ ANOVA значений мощности проводили с учетом факторов: STIM (3: вода, этанол, феромон), C (концентрация: 0,000219, 0,000436, 0,000875, 0,00175, 0,0035 %), Фаза (2: нерецептивная и рецептивная), SE (3: I, II, III группа), band (9: дельта, тета-1, тета-2, альфа-1, альфа-2, бета-1, бета-2, гамма-1 и гамма-2), LOC (8: область F_{p1-2} , F_{3-4} , C_{3-4} , P_{3-4} , O_{1-2} , T_{3-4} , T_{5-6}), HEM (2: полушарие левое, правое).

Результаты и обсуждение

Дисперсионный анализ ANOVA с использованием средних значений мощности фоновой ЭЭГ по каждому отведению либо парам отведений выявил достоверный эффект взаимодействия группы факторов Фаза*LOC ($F_{7,882} = 6,88$; $p < 0,00001$), LOC*SE ($F_{14,882} = 2,17$; $p < 0,007$), Фаза*LOC*SE ($F_{14,882} = 2,12$; $p < 0,009$) и Фаза*LOC*HEM*SE ($F_{14,882} = 3,42$; $p < 0,0001$).

У всех девушек в рецептивную фазу цикла спектральная мощность выше в префронтальной, фронтальной и передневисочной области, а в нерецептивную фазу – в теменной, затылочной и задневисочной области. Наибольшие отличия наблюдаются в низкочастотных ритмах: снижена спектральная мощность дельта и тета 1 ритма в нерецептивную фазу по сравнению с рецептивной. В альфа-диапазонах в рецептивную фазу наблюдается выравнивание передне-заднего градиента.

В подобном нашему исследованию S. Solis-Ortiz с коллегами в 1994 г. [11] была выявлена более низкая абсолютная спектральная мощность в предовуляторный период. Согласно их данным, спектральная мощность дельта, тета и альфа-1 повышалась в предменструальный период, тогда как мощность альфа-2, бета-1 и бета-2 была выше во время менструации. Спектральная мощность низкочастотного альфа ритма была ниже по сравнению с высокочастотным в предменструальный период. Ими также выявлено повышение межполушарной корреляции в лобных долях во время овуляции и в затылочных в предменструальную фазу. Этой же группой авторов в более поздних исследованиях была выявлена связь между концентрацией половых стероидов и ритмами мозга [12]. Изменение концентрации эстрогенов происходит синхронно с дельта- и тета-активностью и асинхронно с высокочастотным альфа-ритмом. Концентрация прогестерона синхронно изменяется с тета-, альфа-1- и бета-1-ритмами и асинхронно с дельта- и бета-2-ритмом.

Полученные нами результаты указывают на то, что электрическая активность головного мозга зависит не только от фазы менструального цикла, но от полового опыта молодых женщин.

У девушек, ведущих активную половую жизнь (третья группа), усредненная спектральная мощность во всех локализациях была максимальной, в отличие от девушек с нечастой и нерегулярной половой жизнью (вторая группа). Усредненная спектральная мощность у сексуально наивных девушек практически не отличалась от третьей группы девушек.

У девушек в зависимости от полового опыта усредненная спектральная мощность зависит от фазы цикла: в третьей группе девушек спектральная мощность выше в задней области и ниже в передней в нерецептивную фазу по сравнению с рецептивной; во второй группе отличий по фазам не выявлено; у девушек первой группы в рецептивную фазу цикла спектральная мощность выше во всех областях кроме задне-височной и затылочной областей (рис. 1).

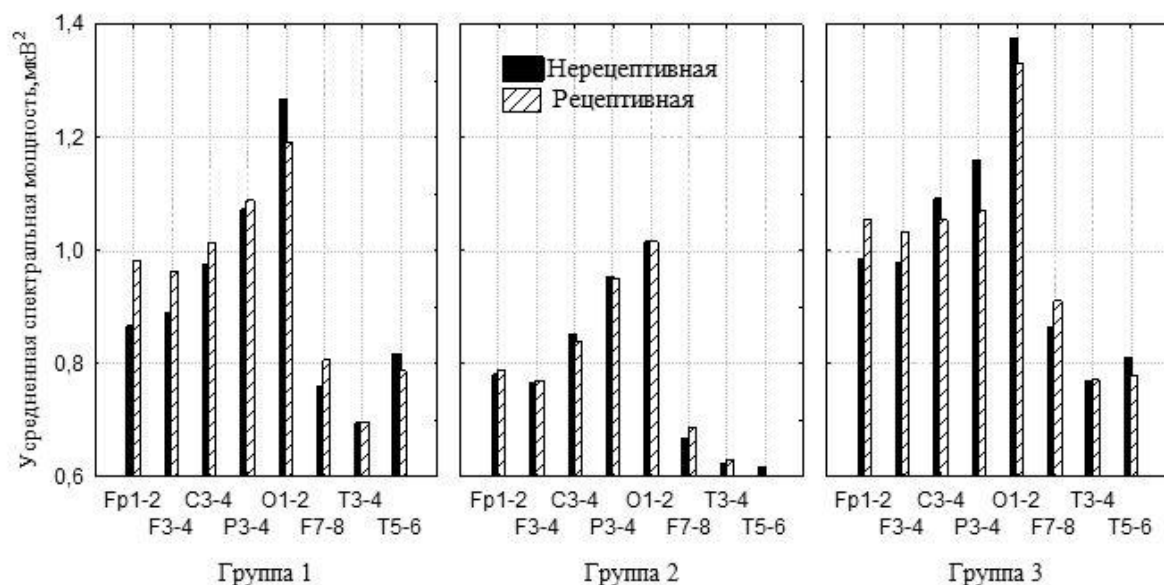


Рис. 1. Фоновая усредненная спектральная мощность ЭЭГ трех различных групп девушек, находящихся в разных фазах овариально-менструального цикла ($F_{14,882} = 2,12$, $p < 0,009$)

У активно ведущих половую жизнь девушек асимметрии по ведущим ритмам не выявлено, у 2-й группы наблюдалось преобладание правого полушария в рецептивной фазе, тогда как у девушек 1-й группы подобная асимметрия наблюдалась в нерецептивной фазе.

Полученные нами ранее результаты указывают на то, что половой опыт оказывает влияние на субъективную оценку привлекательности запахов человека [13]. В работе А. Кнаарил и соавторов (2012) получены результаты, также свидетельствующие о том, что сексуальный опыт женщин изменяет привлекательность запаха андростенона [14], предполагаемого мужского феромона.

В ответ на предъявление запаховых стимулов (водного раствора спирта и водно-спиртового раствора андростендиенона) выявлено снижение усредненной спектральной мощности ЭЭГ-ритмов на первые три более низких концентрации, начиная с четвертой – увеличение ($F_{16,1260} = 2,90$, $p < 0,0001$). Подобная реакция в основном характерна для девушек 1-й и 3-й групп (рис. 2).

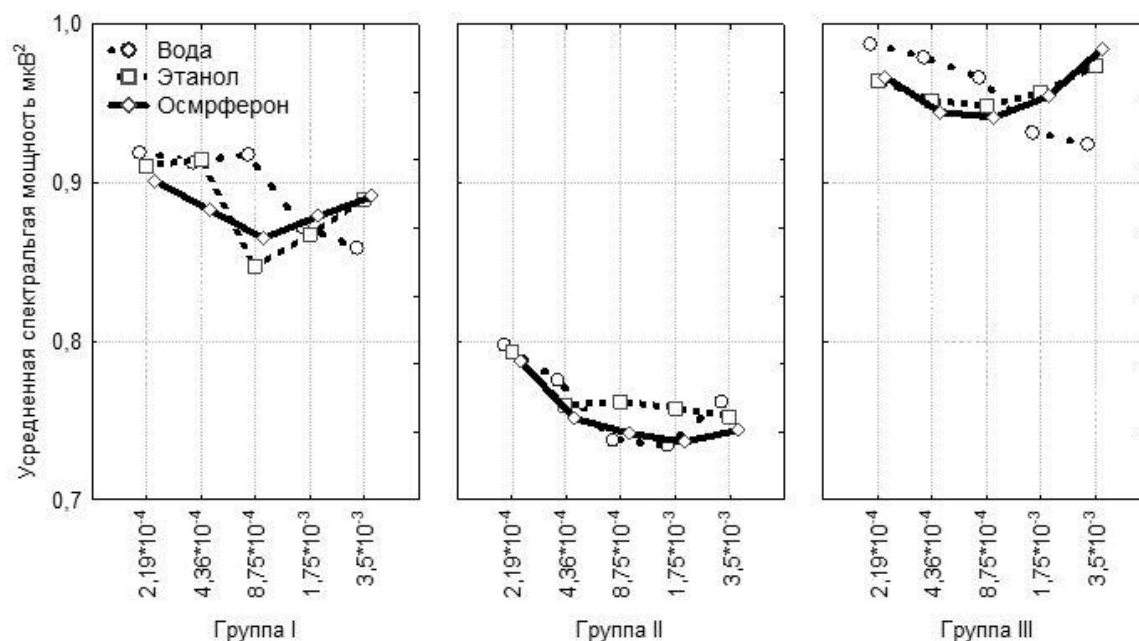


Рис. 2. Изменение спектральной мощности ЭЭГ девушек при предъявлении различных обонятельных стимулов разных концентраций девушкам, имеющим разный половой опыт

При проведении дисперсионного анализа изменения суммарной спектральной мощности ЭЭГ с учетом фазы менструального цикла (рис. 3) было установлено, что данная реакция при предъявлении запаховых стимулов характерна для девушек, находящихся в нерецептивной фазе овариально-менструального цикла. ЭЭГ-реакция на разные концентрации половых феромонов у девушек во всех трех группах, находящихся в овуляторной фазе, отличалась вариативностью.

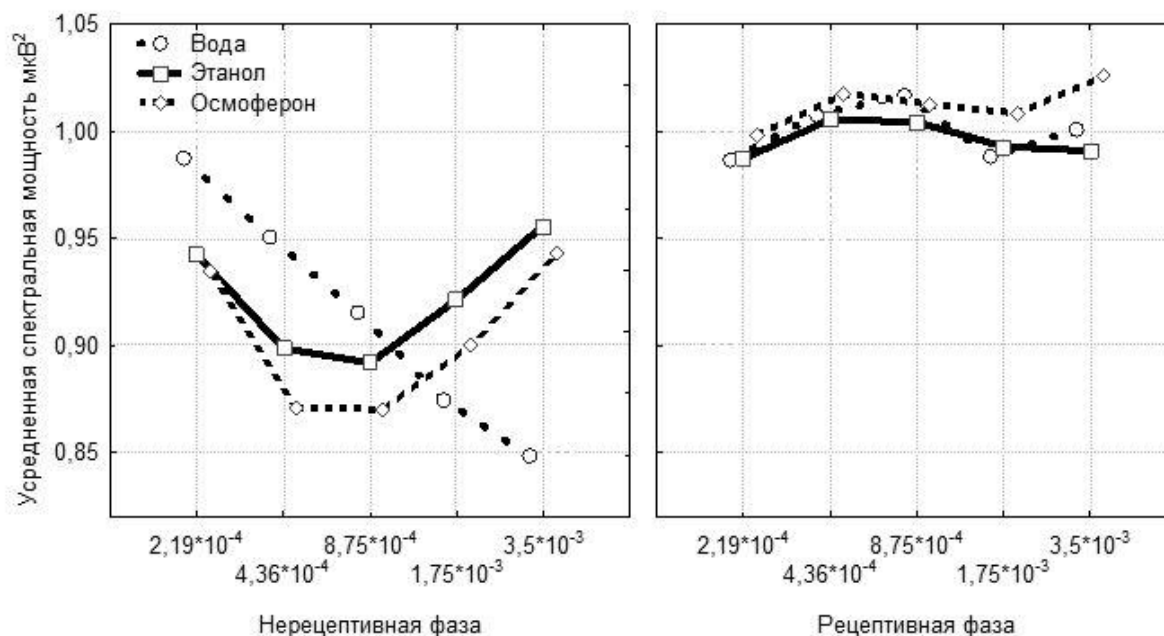


Рис. 3. Изменение спектральной мощности ЭЭГ девушек при предъявлении обонятельных стимулов разных концентраций в разные фазы овариально-менструального цикла ($F_{16, 1260} = 1,59$, $p = 0,06$)

Более подробный анализ изменения спектральной мощности позволил установить, что наблюдаемая реакция у девушек 1-й и 3-й групп встречается во всех локализациях, но существует передне-задний градиент; данная реакция наиболее выражена в затылочной области, в центральной области реакция ослабляется, и в префронтальной области она менее выражена.

Полученная неоднозначная картина ЭЭГ-реакций у девушек, находящихся в рецептивной фазе, можно объяснить с точки зрения репродукции: риск зачатия ребенка приводит к более осознанному подходу в выборе сексуального партнера (хотя и на подсознательном уровне). Еще ранее в работах Ухтомского было показано существование так называемой гестационной, или «половой», доминанты. Она возникает у женских особей за некоторое время до готовности к оплодотворению, обеспечивая половое поведение и оптимальные условия для оплодотворения и контроля процессов беременности и лактации [15]. Результаты наших исследований согласуются с полученными ранее данными в нашей лаборатории при взаимном ольфакторном тестировании девушками и юношами запахов подмышечного секрета и показали, что если один из мальчиков в нерецептивную фазу реципиенток нравился, то чаще всего он нравился всем. В рецептивную фазу таких однозначных ольфакторных ответов не было получено [13].

Выводы

1. Фоновая биоэлектрическая активность головного мозга зависит от фазы менструального цикла и полового опыта девушек, что объясняется изменением гормонального фона.
2. У сексуально наивных ведущих активную половую жизнь девушек, находящихся в нерецептивную фазу овариально-менструального цикла, в ответ на предъявление запаховых стимулов этилового спирта и мужского феромона спектральная мощность ЭЭГ-ритмов снижается на первые три более низкие концентрации, а начиная с четвертой – увеличивается.

3. ЭЭГ-реакция на разные концентрации половых феромонов у девушек, находящихся в рецептивную фазу, независимо от полового опыта отличалась вариативностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашутин С.Б. О феромонах и половом поведении // Биология. – 2005. – № 9. – С. 5–15.
2. Stern K., McClintock M. K. Regulation of ovulation by human pheromones // Nature. – 1998. – V. 392, № 6672. – P. 177–179.
3. Jacob S., McClintock M.K. Psychological and mood effects of steroidal chemosignals in woman and men // Horm. Behav. – 2000. – V. 37, № 1. – P. 57–78.
4. Woodley S. K., Baum M. J. Effects of sex hormones and gender on attraction thresholds for volatile anal scent gland odors in ferrets // Horm. Behav. – 2003. – V. 44, № 2. – P. 110–118.
5. Savic I., Berglund H., Lindström P. Brain response to putative pheromones in homosexual men // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2005. – V. 102, № 20. – P. 7356–7361.
6. McClintock M.K., Bullivant S., Jacob S., Spencer N., Zelano B., Ober C. Human body scents: conscious perceptions and biological effects // Chem. Senses. – 2005. – V. 30, № 1. – P. 135–137.
7. Wang L., Walker V.E., Sardi H., Fraser C., Jacob T.J. The correlation between physiological and psychological responses to odour stimulation in human subjects // Clin Neurophysiol. – 2002. – V. 113, № 4. – P. 542–551.
8. Мошкин М.П., Герлинская Л.А., Нагатоми Р. Запах, который не лжет. Химическая коммуникация полов и физическое здоровье // Российская наука: мечта светла: сборник научно-популярных статей; под ред. чл.-корр. РАН Виконова. – М.: Октопус, 2006. – С. 228–238.
9. Lundström J.N., McClintock M.K., Olsson M.J. Effects of reproductive state on olfactory sensitivity suggest odor specificity // Biological Psychology. – 2006. – V.71, № 3. – P. 244–247.
10. Kim Y.K., Watanuki S. Characteristics of electroencephalographic responses induced by a pleasant and an unpleasant odor // J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci. – 2003. – V. 22, № 6. – P. 285–291.
11. Solís-Ortiz S., Ramos J., Arce C., Guevara M., Corsi-Cabrera M. EEG oscillations during menstrual cycle // Int. J. Neurosci. – 1994. – V. 76, № 3. – P. 279–292.
12. Solís-Ortiz S., Campos R. G., Félix J., Obregón O. Coincident frequencies and relative phases among brain activity and hormonal signals // Beh. Brain Funct. – 2009. – V. 5, № 18. – P. 1–9.
13. Психосоциальные и физиологические факторы субъективной оценки запаховой привлекательности / М.П. Мошкин, Н.А. Литвинова, А.В. Бедарева и др. // Вестник НГУ. Сер. Психология. – 2009. – Т. 3, Вып. 1. – С. 60–74.
14. Knaapila A., Tuorila H., Vuoksima E., Keskitalo-Vuokko K., Rose R.J., Kaprio J., Silventoinen K. Pleasantness of the odor of androstene as a function of sexual intercourse experience in women and men // Arch Sex Behav. – 2012. – V. 41, № 6. – P. 1403–1408.
15. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития. – М.: Наука, 1982. – С. 58.

Поступила 10.11.2014