

УДК 612.621.31:612.63.031.3:612.821

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕНЩИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ ОВАРИОГОРМОНАЛЬНОГО ЦИКЛА И АКТИВНОСТИ ПРОГЕСТЕРОНА (ЧАСТЬ 2)

Муравлева К.Б.¹, Кузьмина О.И.², Петрова С.Э.¹, Скорая М.В.¹, Базанова О.М.¹

¹ НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, г. Новосибирск

² Научный центр клинической и экспериментальной медицины СО РАМН, г. Новосибирск

РЕЗЮМЕ

С помощью внутрииндивидуальных сравнений изучены характеристики альфа-активности электроэнцефалограммы у 78 женщин в течение овариогормонального цикла. Установлено, что частота альфа-пика, мощность альфа-2-волн и ширина альфа-диапазона наибольшие, а мощность низкочастотного альфа-1 и активация наименьшие на лютеиновой фазе цикла, что связано с наибольшей активностью прогестерона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: овариогормональный цикл, беглость решения когнитивных задач, креативность, психоэмоциональное напряжение, прогестерон, кортизол.

Введение

В настоящее время установлено, что ни одному из других видов электрических осцилляций мозга не принадлежит такой функциональной значимости в процессах внимания [29], памяти [11], успешности выполнения когнитивной [4, 20] и психомоторной [7] деятельности, как альфа-ритму. На настоящий момент установлено, что частота альфа-волн по показателю частоты максимального спектрального пика в состоянии покоя с закрытыми глазами в постериальных отделах мозга является индикатором индивидуально-типологических различий [2, 12] и ассоциирует с эффективностью когнитивной деятельности [4, 22, 24] и обучения [1, 3]. Фазическая изменчивость альфа-волн (веретенообразность), отражая скорость образования и длительность существования нейронных ансамблей [10], ассоциирует с чувствительностью процессов восприятия [14]. Наконец, основное физиологическое отличие альфа-волн от других ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) – «Бергер эффект» – снижение амплитуды (мощности супрессии и ширины диапазона, в котором этот эффект отмечается) в ответ на открывание глаз или когнитивную нагрузку ассоции-

руется с увеличением уровня arousal или мозговой активацией [13]. При этом увеличение активации в низкочастотном альфа-диапазоне ассоциирует с увеличением чувствительности или понижением порога восприятия стимула [25], а в высокочастотном – со снижением так называемой нейрональной эффективности [18, 23].

Несмотря на столь разнообразную роль альфа-активности в психофизиологических процессах, до сих пор в литературе мало данных о ее взаимосвязи с уровнем гормонального фона, и они противоречивы. Так, единичные работы говорят о том, что амплитуда волн в стандартном альфа-диапазоне изменяется со сменой фазы овариогормонального цикла [21, 31], другие не находят такой динамики [19]. Между тем естественный феномен физиологической смены гормональной активности в течение овариогормонального цикла предоставляет собой идеальную модель для изучения взаимосвязи между активностью центральной и эндокринной регуляции [21], в частности для исследования зависимости функций сознания, настроения и мозговой активации и их ЭЭГ-коррелятов от изменяющегося уровня стероидных гормонов.

Цель настоящего сообщения – выяснить влияние смены фаз нейрогормонального состояния и уровня прогестерона на активность альфа-волн ЭЭГ и, соот-

✉ Базанова Ольга Михайловна, тел.: 8 (383) 333-53-40, 8-913-914-0296;
e-mail: bazanova@soramn.ru

ветственно, на ее взаимосвязь с показателями когнитивной и психоэмоциональной сферы у женщин.

Материал и методы

Описание выборки испытуемых, схемы эксперимента, психометрических, электрофизиологических и гормональных измерений приводятся в части 1.

Электроэнцефалограмма регистрировалась параллельно на двух приборах: через восемь монополярных отведений – F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2 – с объединенным ушным электродом в полосе пропускания 0,3–50 Гц и при частоте дискретизации 250 Гц с помощью компьютерного электроэнцефалографа «Мицар» (г. Санкт-Петербург) и через монополярное отведение Pz в полосе пропускания 0,3–50 Гц при частоте дискретизации 720 Гц с помощью мультимодального аппаратно-программного устройства «БОСЛАБ» (г. Новосибирск). В качестве референта использовали электрод, установленный на мочку правого уха. В процессе регистрации испытуемые располагались в положении сидя в состоянии покоя с закрытыми глазами (ЗГ) в течение 5 мин и с открытыми (ОГ) в течение 30 с, а затем при выполнении задачи обратного счета в течение минуты с ЗГ и 30 с с ОГ. Pz-сайт был выбран в связи с тем, что характеристики альфа-активности в теменно-затылочной области наиболее устойчивы при повторных измерениях и наименее переменны [2].

В анализ электроэнцефалографических данных включались свободные от артефактов эпохи ЭЭГ, которые подразделялись на сегменты длительностью 4 с и подвергались быстрому преобразованию Фурье (FFT) в полосе 3–20 Гц с использованием окна Ханна. Выходные формы анализа формировались с помощью специализированной программы WinEEG («Мицар»), составленной в соответствии с принятыми стандартами анализа сигнала, и представлялись в виде таблиц спектральной мощности ЭЭГ и частоты максимального пика в заданных диапазонах. Границы диапазонов устанавливались индивидуально в зависимости от частоты максимального пика альфа и снижения мощности волн в ответ на открывание глаз слева и справа от альфа-пика в соответствии с методом, описанным ранее [5]. Анализ изменений тета- и бета-диапазона не являлся предметом настоящего исследования.

Для каждого испытуемого анализировались частота максимального пика альфа-диапазона (ИЧМПА) (Гц), которая определялась в индивидуальном диапазоне. Для оценки амплитудных характеристик альфа-осцилляций использовались следующие показатели: амплитуда максимального альфа-пика при ЗГ (μV^2), мощность в индивидуальных альфа-1- и альфа-2-диапазонах (μV^2), вычисляемая с помощью програм-

мы WinEEG («Мицар»). Характеристики реакции зрительной активации (ЗА) оценивались по логарифму процента снижения мощности в индивидуальных альфа-1- и альфа-2-диапазонах в ответ на открывание глаз ($\lg\%$) по формуле $ЗА = \lg 100 (M_{ОГ}/M_{ЗГ}) - 100$, где $M_{ОГ}$ и $M_{ЗГ}$ – мощность в альфа-1- (альфа-2-) диапазоне в состоянии открытых и закрытых глаз соответственно [13]. Кроме того, уровень активации в стандартном тесте на открывание глаз определялся по изменению концентрации кортизола в слюне [16].

Дизайн эксперимента предполагал оценку влияния на измеряемые переменные следующих факторов: внутрииндивидуального – «фаза» по пяти уровням (менструальная (МФ), фолликулярная (ФФ), овуляторная (ОФ), лютеиновая (ЛФ) и предменструальная (ПМФ) фаза цикла) и межгруппового – «начало мониторинга» по двум уровням (начало приходилось на МФ и начало на ОФ). При оценке изменений электрофизиологических характеристик психоэмоционального напряжения и ЭЭГ-показателей учитывалось также влияние факторов «состояние» по двум уровням (покой и когнитивная нагрузка), топографических факторов «латерализация» по двум уровням (правое (F4, C4, P4 и O2) и левое (F3, C3, P3 и O1)) и «каудальность» по двум уровням (передние (F3, F4, C3 и C4) и задние (P3, P4, O1 и O2) отведения).

Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica for Windows. Одно- и многофакторные дисперсионные анализы проводились по совокупности изучаемых переменных с использованием критерия Фишера. Апостериорные множественные сравнения (post hoc) психометрических, электрофизиологических показателей и характеристик альфа-активности проводились с использованием критерия Шеффе. Для сравнения переменных, имеющих нормальное распределение, использовался *t*-критерий Стьюдента, для дискретных и процентных величин непараметрические *T*-критерии Вилкоксона. Для определения зависимости уровня психометрических и электрофизиологических измерений от активности прогестерона, определяемого на данный момент, использовался корреляционный анализ.

Результаты

В результате трехфакторного дисперсионного анализа post hoc было установлено, что показатели ИЧМПА при закрытых глазах в состоянии покоя и ширины альфа наиболее высокие на лютеиновой фазе ($F_{4,302} \geq 5,32; p \leq 0,001$). При этом ИЧМПА не зависит от факторов «латеральность» и «каудальность» (рис. 2). Изменения ширины альфа-диапазона, связанные со сменой фаз цикла, не зависят от факторов НМ и «лате-

ральность», но отличаются по фактору «каудальность»: альфа-диапазон шире в задних, чем в передних отведениях ($t \geq 5,12; p \leq 0,02$). Аналогично все альфа-амплитудные показатели (амплитуда максимального пика, мощность в альфа-1- и альфа-2-диапазонах, и характеристики активации) также выше в задних, чем в передних отведениях ($t \geq 6,23; p \leq 0,01$).

Поскольку не было выявлено влияние топографических факторов на показатели ИЧМПА, а усредненные значения ЭЭГ-показателей альфа-активности в постериальных отведениях, зарегистрированных при помощи «Мицар», не отличались от таковых в отведении Pz, полученных при помощи «БОСЛАБ», дальнейшие результаты будут представлены только для отведения Pz.

При выполнении когнитивной нагрузки частота альфа-пика повышается по сравнению с состоянием покоя на ФФ и ОФ ($t \geq 5,12; p \leq 0,05$) и не изменяется на ЛФ ПМФ и МФ (рис. 1,а). А ширина альфа-диапазона сужается в результате когнитивной нагрузки на ФФ, ОФ и ЛФ ($t \leq -4,23; p < 0,05$) и не изменяется на ПМФ и МФ (рис. 1,б).

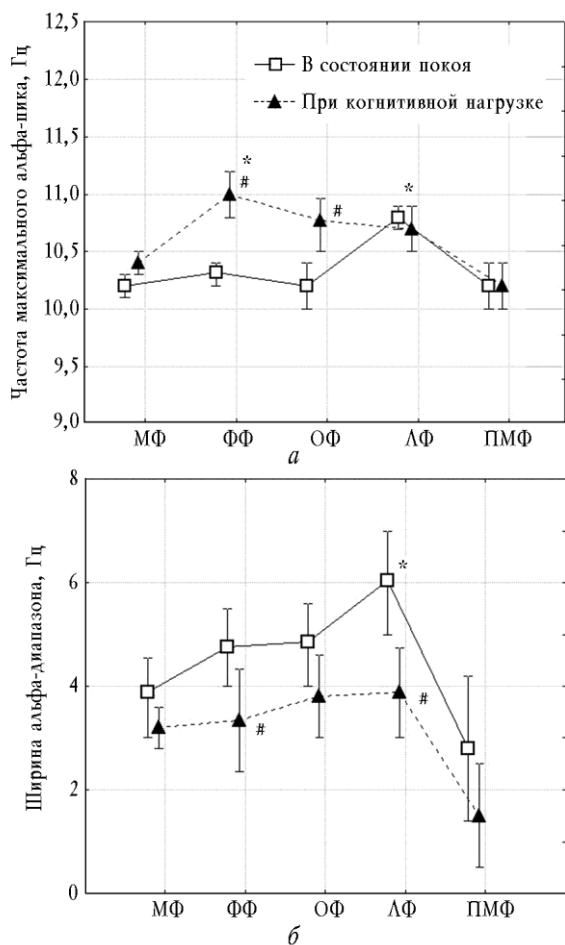


Рис. 1. Среднее значение и ошибка среднего значения показателей индивидуальной частоты максимального пика альфа ИЧМПА (а) и ширины альфа-диапазона (б) на разных фазах ова-

ригормонального цикла: * – различия между фазами цикла; # – различия между состоянием покоя и когнитивной нагрузки достоверны ($p \leq 0,05$)

Амплитуда максимального альфа-пика увеличивается на ФФ, ОФ и ЛФ по сравнению с МФ, а затем снижается на ПМФ ($F_{4,302} \geq 5,54; p \leq 0,001$) (рис. 2,а).

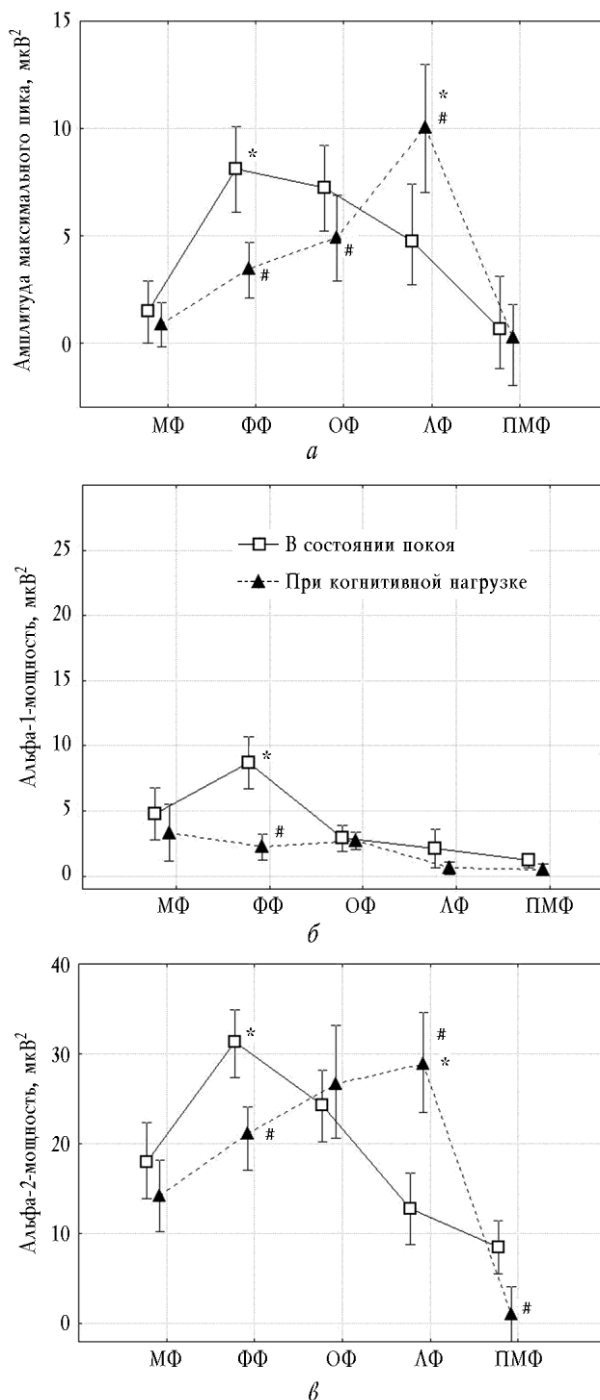


Рис. 2. Среднее значение и ошибка среднего значения изменения показателей амплитуды максимального альфа-пика (а), мощности в альфа-1- (б) и в альфа-2-диапазоне (в) в состоянии покоя и при выполнении когнитивной нагрузки при закрытых глазах на раз-

ных фазах овариогормонального цикла

При выполнении задачи обратного счета амплитуда альфа-пика снижается по сравнению с состоянием покоя на всех фазах, но увеличивается на лютеиновой ($t \geq |5,12|$; $p \leq 0,01$). При этом отмечены достоверные различия по фактору «фаза» ($F_{4,302} = 5,63$; $p = 0,001$). Мощность в альфа-1-диапазоне снижается на лютеиновой фазе по сравнению с менструальной ($F_{4,302} = 4,04$; $p = 0,002$) (рис. 2,б), а мощность в альфа-2-диапазоне увеличивается на МФ, ОФ и ЛФ по сравнению с менструальной фазой, а затем снова снижается на предменструальной фазе ($F_{4,302} = 5,63$; $p = 0,001$) (рис. 2,в). Показатели мощности в альфа-1- и альфа-2-диапазоне в ответ на когнитивную нагрузку по сравнению с состоянием покоя снижаются на МФ, ФФ и ПМФ ($t \geq 5,27$; $p \leq 0,001$), но не изменяются на ОФ и ЛФ. При этом фактор фазы имеет значимое влияние на мощность в альфа-2-диапазоне при выполнении когнитивной нагрузки ($F_{4,302} = 3,05$; $p = 0,01$) (рис. 2,в).

В состоянии покоя интенсивность реакции зрительной активации по показателю снижения мощности в индивидуальном альфа-1-диапазоне наименьшая на лютеиновой фазе ($F_{4,302} = 4,85$; $p = 0,001$) (рис. 3,а). Аналогичная динамика характерна для прироста уровня кортизола в реакции на открывание глаз – наименьшее увеличение уровня кортизола – на лютеиновой фазе ($F_{4,302} = 5,27$; $p = 0,001$) (рис. 3,в). При этом во время решения когнитивной задачи зрительная активация увеличивается и по критерию снижения мощности в альфа-1-диапазоне и по критерию увеличению уровня кортизола ($t \geq |5,13|$; $p \leq 0,03$) на всех фазах цикла, кроме фолликулярной. В состоянии покоя реакция зрительной активации в альфа-2-диапазоне не изменяется в течение менструального цикла (рис. 3,б). Однако при выполнении когнитивной задачи зрительная активация в альфа-2-диапазоне снижается на всех фазах, кроме фолликулярной ($F_{4,302} = 9,11$; $p = 0,002$).

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи между уровнем активности гормонов в слюне и показателями альфа-активности представлены в табл. 1. Оказалось, что показатели индивидуальной частоты максимального альфа-пика, а также ширины альфа-диапазона положительно коррелируют с концентрацией прогестерона (табл. 1). Мощность в альфа-1-диапазоне отрицательно, а мощность в альфа-2-диапазоне, напротив, положительно связана с концентрацией прогестерона в слюне (табл. 1). Вместе с тем зависимость показателя амплитуды максимального альфа-пика от концентрации прогестерона не обнаружено. Глубина снижения мощности в альфа-1-

диапазоне в ответ на открывание глаз отрицательно взаимосвязана с концентрацией прогестерона, но положительно с изменением уровня кортизола в ответ на открывание глаз (табл. 1).

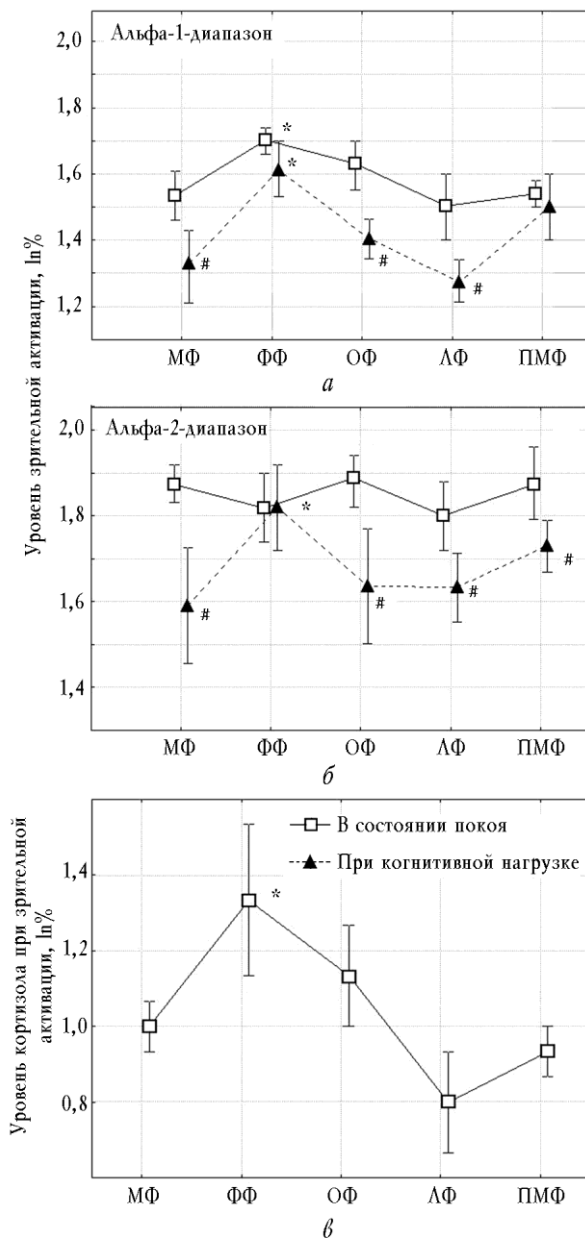


Рис. 3. Среднее значение и ошибка среднего значения изменения показателей зрительной активации в альфа-1- (а), альфа-2-диапазоне (б) и по уровню кортизола (в) в состоянии покоя и при выполнении когнитивной нагрузки на разных фазах овариогормонального цикла

Кроме того, корреляционный анализ показал, что беглость счета положительно зависит от частоты максимального альфа-пика, ширины альфа-диапазона, а также от глубины снижения амплитуды в ответ на когнитивную нагрузку ($r \geq 0,53$; $p \leq 0,01$) (табл. 2). С другой стороны, показатели психоэмоционального

напряжения (уровень тревожности, коэффициент Вольнеффера, ЭМГ, частота дыхания), напротив, реципрочно связаны с частотой максимального пика,

шириной альфа-диапазона и мощностью альфа-волн высокочастотного диапазона (табл. 3).

Таблица 1

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи между уровнем стероидных гормонов в слюне и показателями альфа-активности ЭЭГ у 30 испытуемых			
Показатель	Уровень прогестерона в покое с закрытыми глазами	Уровень кортизола в покое с закрытыми глазами	Изменение уровня кортизола в ответ на открывание глаз
Частота максимального альфа-пика в покое с закрытыми глазами, Гц	0,72 0,01		
Мощность в индивидуальном альфа-1-диапазоне в покое с закрытыми глазами, мкВ ²	-0,65 0,01		
Мощность в индивидуальном альфа-2-диапазоне в покое с закрытыми глазами, мкВ ²	0,66 0,01		
Ширина альфа-диапазона, Гц	0,45 0,02	-0,46 0,01	
Глубина активации в альфа-1-диапазоне, lg%	-0,54 0,01	0,62 0,01	0,71 0,01
Глубина активации в альфа-2-диапазоне, lg%	-0,53 0,01		0,69 0,01

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 верхнее число в ячейках – коэффициент корреляции Пирсона, нижнее – уровень статистической значимости.

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи между характеристиками когнитивной деятельности и показателями альфа-активности					
Показатель	Беглость счета	Беглость при решении креативных задач	Гибкость при решении креативных задач	Порог высокочастотной аудио-чувствительности	Ширина различного звукового интервала
Частота максимального альфа-пика в покое с закрытыми глазами, Гц	0,68 0,01				
Мощность в индивидуальном альфа-1-диапазоне в покое с закрытыми глазами, мкВ ²					-0,63 0,01
Мощность в индивидуальном альфа-2-диапазоне в покое с закрытыми глазами, мкВ ²					
Ширина альфа-диапазона, Гц			0,61 0,00		
Глубина активации в альфа-1-диапазоне, lg%	-0,54 0,01				
Глубина активации в альфа-2-диапазоне, lg%		-0,53 0,01			-0,63 0,01

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи между показателями психоэмоционального напряжения и альфа-активности ЭЭГ					
Показатель	Тревожность	Коэффициент Вольнеффера	ИЭМГ	Частота сердечных сокращений	Частота дыхания
Частота максимального альфа-пика в покое с закрытыми глазами, Гц		-0,36 0,03	-0,54 0,01	-0,21 0,06	-0,47 0,02
Мощность в индивидуальном альфа-1-диапазоне в покое с закрытыми глазами, мкВ ²	-0,54 0,01				
Мощность в индивидуальном альфа-2-диапазоне в покое с закрытыми глазами, мкВ ²			-0,48 0,01		
Ширина альфа-диапазона, Гц	-0,58 0,00				-0,42 0,02
Глубина активации в альфа-1-диапазоне, lg%	0,62 0,01		,59 0,01	,71 0,01	
Глубина активации в альфа-2-диапазоне, lg%					0,30 0,04

Обсуждение

Наиболее вероятными причинами рассогласованности представленных в литературе выводов о динамике альфа-активности ЭЭГ в течение овариогормонального цикла являются методологические разногласия: 1) анализ ЭЭГ осуществлялся с использованием стандартных, а не индивидуализированных альфа-диапазонов; 2) не изучалась вариабельность основной функциональной характеристики альфа-ритма – активации в ответ на зрительные и когнитивные стимулы; 3) лютеиновой фазой считали не только период увеличения концентрации прогестерона, но и включали период перед менструацией, когда концентрация прогестерона снижается, и в 20–25% женской популяции отмечаются признаки так называемого предменструального синдрома.

В настоящем исследовании впервые продемонстрировано, что в течение менструального цикла у женщины отмечаются как минимум пять различных типов спектрального профиля ЭЭГ (рис. 4). Начиная с ЭЭГ-паттерна с низкой частотой и амплитудой, узким диапазоном и неглубокой активацией в ответ на открывание глаз на менструальной фазе, на фолликулярной фазе отмечается увеличение амплитуды и активации, но сохраняется низкая частота, затем происходит увеличение и частоты, и амплитуды на овуляторной и дальнейшее увеличение частоты и ширины альфа-диапазона, но снижение амплитуды и глубины активации на лютеиновой фазе, и завершается цикл снижением и частоты, и амплитуды, и глубины, и ширины реакции активации на предменструальной фазе (рис. 4). Важно отметить, что такая динамика изменения показателей альфа-активности в течение менструального цикла характерна для всех изучаемых отведений ЭЭГ. Это служит еще одним доказательством генерализованной природы возникновения и распространения альфа-волн, предполагаемой Н.П. Бехтеревой [8].

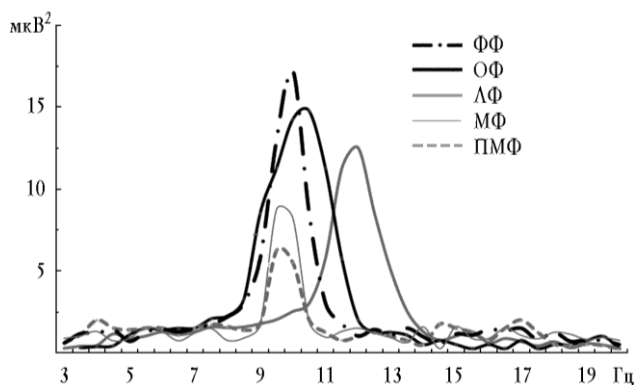


Рис. 4. Изменение спектрального паттерна ЭЭГ в течение менструального цикла

руального цикла

Таким образом, у здоровой женщины часть времени овариогормонального цикла преобладает низко-частотный, а часть – высокочастотный паттерн ЭЭГ. При этом интересно, что динамика изменения низко- и высокочастотного компонентов альфа-ритма различна (см. рис. 3, 4), как и различна их взаимосвязь с уровнем гормонов и характеристиками когнитивной и психоэмоциональной сферы (см. табл. 1–3). Поскольку интенсивность снижения амплитуды в низко- или высокочастотном альфа-диапазоне говорит о совершенно разных механизмах активации [27, 32], можно предположить, что наблюдаемые различия активации в альфа-1- и альфа-2-диапазонах на разных фазах менструального цикла свидетельствуют о том, что мозговая активация осуществляется за счет разных механизмов гормональной регуляции. Соответственно, и динамика мозговой активации в течение менструального цикла также отражает включение гормонального фактора в регуляцию психологических функций. Так, увеличение супрессии амплитуды в альфа-1-диапазоне на фолликулярной фазе сопровождается увеличением аудиочувствительности, что соответствует обнаруженной ранее связи между активацией и остротой восприятия [25].

Другим ЭЭГ-маркером активации мозга служит увеличение альфа-частоты [24]. В исследовании установлено, что по сравнению с состоянием покоя когнитивная нагрузка значительно увеличивала зрительную активацию и по показателю супрессии амплитуды, и по увеличению частоты альфа-пика, и по уровню кортизола на фолликулярной и овуляторной фазах, но не изменяла на лютеиновой, предменструальной и менструальной фазах. Так, слабая активация в альфа-1-диапазоне, отмечаемая на предменструальной и менструальной фазах цикла, когда уровень прогестерона самый низкий, наиболее вероятно, обусловлена снижением общей реактивности организма [28], наблюдаемой у пациентов с повышенным уровнем психоэмоционального напряжения [9], которые также не могут отвечать на дополнительную нагрузку активацией [17]. Об ослаблении реактивности может свидетельствовать отсутствие увеличения уровня кортизола [16], наблюдаемое у женщин на этих фазах цикла (рис. 4, в).

С другой стороны, в литературе обсуждается парадоксальный факт повышения нейрональной эффективности в ситуации, когда в ответ на нагрузку зрительная активация альфа-волн высокочастотного диапазона снижается [18, 23]. Такое снижение активации в альфа-2-диапазоне вместо ее увеличения в ответ на

когнитивную нагрузку наблюдается у женщин на лютеиновой фазе. Отсутствие увеличения альфа-частоты и реакции активации в ответ на когнитивную задачу, зарегистрированное на лютеиновой фазе, соответствует состоянию минимального психоэмоционального напряжения и максимальной эффективности когнитивной деятельности. На основании того, что именно на этой фазе наибольшей активности прогестерона достигаются самые высокие показатели эффективности счета, беглости и пластичности выполнения креативных задач, ассоциирующих с показателями альфа-активности, можно говорить о достижении оптимизации функций сознания или нейрональной эффективности на лютеиновой фазе овариогормонального цикла.

Установленная впервые тесная взаимосвязь между показателями эндокринной и центральной регуляции психологических функций объясняется молекулярно-биологической природой механизмов действия прогестерона [26]. Так, можно предположить, что вызванная увеличенным уровнем прогестерона интенсификация процессов синаптической пластичности [30] отражается в расширении альфа-диапазона и связанным с ней увеличением пластичности решения когнитивных задач, наблюдаемых на лютеиновой фазе. Увеличение эффективности когнитивных процессов, наблюдаемых также на лютеиновой фазе, возможно, обусловлено влиянием прогестерона на процессы торможения и снижения чувствительности [15, 26], что отражается в увеличении частоты и мощности в высокочастотном альфа-диапазоне [23], увеличении порогов аудиочувствительности и эффективности когнитивной деятельности, продемонстрированных на лютеиновой фазе.

Таким образом, можно сказать, что мозг женщины в течение овариогормонального цикла работает в совершенно разных нейрофизиологических режимах, испытывая смену ЭЭГ-паттерна от низкочастотного и низкоамплитудного на фазах с низким уровнем гормональной активности (предменструальной и менструальной), ассоциирующего с высоким психоэмоциональным напряжением и низкой когнитивной работоспособностью к высокочастотному и высокоамплитудному (на овуляторной и лютеиновой), обуславливающему высокую нейрональную и, соответственно, когнитивную эффективность. Выявленные в настоящем исследовании взаимосвязи между альфа-активностью мозга и гормональным фоном имеют не только фундаментальное значение в понимании нейрогуморальных взаимодействий, но и имеют прикладное значение для использования их в проведении гендерных психофизиологических сравнений, в организации психотерапевтических,

педагогических и тренировочных воздействий на женщин репродуктивного возраста.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РГНФ 10-06-00265 а.

Литература

1. Алексеева М.В., Балиоз Н.В., Муравлева К.Б. и др. Исследование тренинга произвольного увеличения альфа-мощности ЭЭГ для улучшения когнитивной деятельности // Физиология человека. 2011. Т. 6. С. 13.
2. Базанова О.М. Вариабельность и воспроизводимость индивидуальной частоты альфа-ритма ЭЭГ в зависимости от экспериментальных условий // Журн. высшей нервной деятельности. 2011. Т. 61, № 1. С. 102–109.
3. Базанова О.М. Электроэнцефалографические корреляты музыкальных способностей // Функциональная диагностика. 2005. № 1. С. 62.
4. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Использование индивидуальных характеристик ЭЭГ для повышения эффективности нейробиоуправления // Журн. невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2006. Т. 106, № 2. С. 31–36.
5. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Индивидуальные характеристики альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2007. Т. 93, № 1. С. 14–26.
6. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Успешность обучения и индивидуальные частотно-динамические характеристики альфа-активности электроэнцефалограммы // Вестн. РАМН. 2006. № 6. С. 30–36.
7. Базанова О.М., Мерная Е.М., Штарк М.Б. Биоуправление в психомоторном обучении: электрофизиологическое обоснование // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2008. Т. 94, № 5. С. 539–546.
8. Бехтерева Н.П., Бундзен П.В., Гоголицын Ю.Л. Мозговые коды психической деятельности. Л.: Наука, 1977.
9. Валеев Р.Г., Труфакин С.В., Афтанас Л.И., Козлов В.А., Труфакин В.А. Нейроиммунные взаимоотношения у человека в условиях физиологического покоя и отрицательной эмоциональной активации // Бюл. СО РАМН. 2008. Т. 3. С. 46–52.
10. Каплан А.Я., Борисов С.В., Шишкин С.Л. и др. Анализ сегментной структуры альфа активности человека // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2002. Т. 88, № 4. С. 432.
11. Ливанов М.Н. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга (избранные труды). М.: Наука, 1989. С. 400.
12. Anokhin A.P., Muller V., Lindenberger U. et al. Genetic influences on dynamic complexity of brain oscillations // Neurosci. Lett. 2006. V. 397, № 1–2. P. 93.
13. Barry R.J., Clarke A.R., Johnstone S.J. EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions // Clinical Neurophysiology. 2007. V. 118. P. 2765.
14. Barry R.J., Steiner G.Z., De Blasio F.M. Event-related EEG time-frequency analysis and the Orienting Reflex to auditory stimuli // Psychophysiology. 2012. V. 49, № 6. P. 744–755.
15. Baulieu E.E., Schumacher M., Koenig H. et al. Progesterone as a neurosteroid: actions within the nervous system // Cell. Mol. Neurobiol. 1996. V. 16, № 2. P. 143–154.
16. Bijleveld E., Scheepers D., Ellemers N. The cortisol response to anticipated intergroup interactions predicts self-reported prejudice // PLoS One. 2012. V. 7, № 3. e33681.
17. Brümmer V., Schneider S., Abel T., Vogt T., Strüder H.K. Brain cortical activity is influenced by exercise mode and in-

- tensity // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011. V. 43, № 10. P. 1863–1872.
18. *Del Percio C., Infarinato F., Marzano N. et al.* Reactivity of alpha rhythms to eyes opening is lower in athletes than non-athletes: a high-resolution EEG study // *Int. J. Psychophysiol.* 2011. V. 82, № 3. P. 240.
 19. *Güntekin B., Başar E.* Brain oscillations are highly influenced by gender differences // *Int. J. Psychophysiol.* 2007. V. 65, № 3. P. 294–299.
 20. *Hanslmayr S., Sauseng P., Doppelmayr M. et al.* Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2005. № 30. P. 1.
 21. *Kaplan B.J., Whitsett S.F., Robinson J.W.* Menstrual cycle phase is a potential confound in psychophysiology research // *Psychophysiol.* 1990. V. 27, № 4. P. 445–450.
 22. *Klimesch W., Doppelmayr M., Pachinger T., Ripper B.* Brain oscillations and human memory: EEG correlates in the upper alpha and theta band // *Neurosci. Lett.* 1997. V. 238, № 1–2. P. 9–12.
 23. *Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S.* EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis // *Brain Res. Rev.* 2007. V. 53. P. 63.
 24. *Klimesch W., Schimke H., Pfurtscheller G.* Alpha frequency, cognitive load and memory performance // *Brain Topogr.* 1993. V. 5, № 3. P. 241.
 25. *Lakatos P., O'Connell M.N.* 1 Annamaria Barczak, 1,2 Aimee Mills, 1 Daniel C. Javitt, and Charles E. Schroedek The Leading Sense: Supramodal Control of Neurophysiological Context by Attention // *Neuron.* 2009. № 64. P. 419–430.
 26. *Luoma J.I., Stern C.M., Mermelstein P.G.* Progesterone inhibition of neuronal calcium signaling underlies aspects of progesterone-mediated neuroprotection // *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.* 2012. V. 131, № 1–2. P. 30–36.
 27. *Mazaheri A., Jensen O.* Posterior α -activity is not phase-reset by visual stimuli // *PNAS.* 2006. V. 103, № 8. P. 2948–2957.
 28. *Michel M.M., Jacobs R.A.* Parameter learning but not structure learning: a Bayesian network model of constraints on early perceptual learning // *J. Vis.* 2007. V. 7, № 1. P. 4.
 29. *Nunez P., Wingeier B., Silberstein R.* Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of networks // *Hum. Brain Mapp.* 2001. V. 13. P. 125.
 30. *Rivera H.M., Bethea C.L.* Ovarian steroids increase spinogenetic proteins in the macaque dorsal raphe // *Neuroscience.* 2012. V. 208. P. 27–40.
 31. *Solis-Ortiz S., Campos R.G., Félix J., Obregón O.* Coincident frequencies and relative phases among brain activity and hormonal signals // *Behav. Brain Funct.* 2009. V. 14. P. 5.
 32. *Tenke C.E., Kayser J.* Reference-free quantification of EEG spectra: combining current source density (CSD) and frequency principal components analysis (fPCA) // *Clin. Neurophysiol.* 2005. V. 116, № 12. P. 2826–2846.

Поступила в редакцию 22.11.2012 г.

Утверждена к печати 07.12.2012 г.

Муравлева Ксения Борисовна, младший научный сотрудник НИИ МББ СО РАМН (г. Новосибирск).

Кузьминова Ольга Ивановна, научный сотрудник НЦКЭМ СО РАМН (г. Новосибирск).

Петрова Светлана Эдуардовна, младший научный сотрудник НИИ МББ СО РАМН (г. Новосибирск).

Скорая Марина Владимировна, младший научный сотрудник НИИ МББ СО РАМН (г. Новосибирск).

Базанова Ольга Михайловна (✉), д-р биол. наук, вед. научный сотрудник НИИ МББ СО РАМН (г. Новосибирск).

✉ Базанова Ольга Михайловна, тел. 8 (383) 333-53-40, 8-913-914-0296; e-mail: bazanova@soramn.ru

PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WOMEN IN DEPENDENCE ON THE OVARIOHORMONAL CYCLE PHASE AND PROGESTERONE ACTIVITY (PART 2)

Muravlyova K.B.¹, Kuzminova O.I.², Petrova S.E.¹, Skoraya M.V.¹, Bazanova O.M.¹

¹ *Research Institute for Molecular Biology and Biophysics, SB RAMS, Novosibirsk, Russian Federation*

² *SCCEM RAMS, Novosibirsk, Russian Federation*

ABSTRACT

With the aim to identify the effects of menstrual cycle phase on the alpha EEG characteristics the 78 women aged 18–27 years were studied in a within-subject design Half the subjects began investigation at their follicular phase and half at their luteal phase (LP). The alpha peak frequency, alpha band width and power in alpha-2 range are highest, but power in alpha 1 and activation are lowest in LP that is associated with the highest saliva progesterone level

KEY WORDS: ovariohormonal cycle, fluency in cognitive task performance, creativity, psycho-emotional tension, progesterone, cortisol.

Bulletin of Siberian Medicine, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 257–265

References

- Alekseyeva M.V., Balioz N.V., Muravlyova K.B. et al. *Human Physiology*, 2011, vol. 6, pp. 13 (in Russian).
- Bazanova O.M. *Journal of Higher Nervous Activity*, 2011, vol. 61, no. 1, pp. 102–109 (in Russian).
- Bazanova O.M. *Functional Diagnostics*, 2005, no. 1, pp. 62 (in Russian).
- Bazanova O.M., Aftanas L.I. *Journal of Neuropathology and Psychiatry named after S.S. Korsakov*, 2006, vol. 106, no. 2, pp. 31–36 (in Russian).
- Bazanova O.M., Aftanas L.I. *Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov*, 2007, vol. 93, no. 1, pp. 14–26 (in Russian).
- Bazanova O.M., Aftanas L.I. *Herald of Russian Academy of Medical Sciences*, 2006, no. 6, pp. 30–36 (in Russian).
- Bazanova O.M., Mernaya Ye.M., Shtark M.B. *Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov*, 2008, vol. 94, no. 5, pp. 539–546 (in Russian).
- Bekhtereva N.P., Bundzen P.V., Gogolitsyn Yu.L. *Brain codes of mental activity*. Leningrad, Science Publ., 1977. (in Russian).
- Valeyev R.G., Trufakin S.V., Aftanas L.I., Kozlov V.A., Trufakin V.A. *Bulletin of Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2008, vol. 3, pp. 46–52 (in Russian).
- Kaplan A.Ya., Borisov S.V., Shishkin S. et al. *Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov*, 2002, vol. 88, no. 4, pp. 432 (in Russian).
- Livanov M.N. *Spatial-temporal organization of potentials and brain system activity (selected works)*. Moscow, Science Publ., 1989. Pp. 400 (in Russian).
- Anokhin A.P., Muller V., Lindenberger U. et al. Genetic influences on dynamic complexity of brain oscillations. *Neurosci. Lett.*, 2006, vol. 397, no. 1–2, pp. 93.
- Barry R.J., Clarke A.R., Johnstone S.J. EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clinical Neurophysiology*, 2007, vol. 118, pp. 2765.
- Barry R.J., Steiner G.Z., De Blasio F.M. Event-related EEG time-frequency analysis and the Orienting Reflex to auditory stimuli. *Psychophysiology*, 2012, vol. 49, no. 6, pp. 744–755.
- Baulieu E.E., Schumacher M., Koenig H. et al. Progesterone as a neurosteroid: actions within the nervous system. *Cell. Mol. Neurobiol.*, 1996, vol. 16, no. 2, pp. 143–154.
- Bijleveld E., Scheepers D., Ellemers N. The cortisol response to anticipated intergroup interactions predicts self-reported prejudice. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 3. e33681.
- Brümmer V., Schneider S., Abel T., Vogt T., Strüder H.K. Brain cortical activity is influenced by exercise mode and intensity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2011, vol. 43, no. 10, pp. 1863–1872.
- Del Percio C., Infarinato F., Marzano N. et al. Reactivity of alpha rhythms to eyes opening is lower in athletes than non-athletes: a high-resolution EEG study. *Int. J. Psychophysiol.*, 2011, vol. 82, no. 3, p. 240.
- Güntekin B., Başar E., Brain oscillations are highly influenced by gender differences. *Int. J. Psychophysiol.*, 2007, vol. 65, no. 3, pp. 294–299.
- Hanslmayr S., Sauseng P., Doppelmayr M. et al. Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.*, 2005, no. 30, p. 1.
- Kaplan B.J., Whitsett S.F., Robinson J.W. Menstrual cycle phase is a potential confound in psychophysiology research. *Psychophysiol.*, 1990, vol. 27, no. 4, pp. 445–450.
- Klimesch W., Doppelmayr M., Pachinger T., Ripper B. Brain oscillations and human memory: EEG correlates in the upper alpha and theta band. *Neurosci. Lett.*, 1997, vol. 238, no. 1–2, pp. 9–12.
- Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. *Brain Res. Rev.*, 2007, vol. 53, p. 63.
- Klimesch W., Schimke H., Pfurtscheller G. Alpha frequency, cognitive load and memory performance. *Brain Topogr.*, 1993, vol. 5, no. 3, p. 241.
- Lakatos P., O’Connell M.N., Annamaria Barczak, Aimee Mills, Daniel C. Javitt, and Charles E. Schroeder. The Leading Sense: Supramodal Control of Neurophysiological Context by Attention. *Neuron*, 2009, no. 64, pp. 419–430.
- Luoma J.I., Stern C.M., Mermelstein P.G. Progesterone inhibition of neuronal calcium signaling underlies aspects of progesterone-mediated neuroprotection. *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.*, 2012, vol. 131, no. 1–2, pp. 30–36.
- Mazaheri A., Jensen O. Posterior α -activity is not phase-reset by visual stimuli. *PNAS*, 2006, vol. 103, no. 8, pp. 2948–2957.
- Michel M.M., Jacobs R.A. Parameter learning but not structure learning: a Bayesian network model of constraints on early perceptual learning. *J. Vis.*, 2007, vol. 7, no. 1, p. 4.
- Nunez P., Wingeier B., Silberstein R. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of networks. *Hum. Brain Mapp.*, 2001, vol. 13, p. 125.
- Rivera H.M., Bethea C.L. Ovarian steroids increase spinogenetic proteins in the macaque dorsal raphe. *Neuroscience*, 2012, vol. 208, pp. 27–40.
- Solis-Ortiz S., Campos R.G., Félix J., Obregón O. Coincident frequencies and relative phases among brain activity and hormonal signals. *Behav. Brain Funct.*, 2009, vol. 14, p. 5.
- Tenke C.E., Kayser J. Reference-free quantification of EEG spectra: combining current source density (CSD) and frequency principal components analysis (fPCA). *Clin. Neurophysiol.*, 2005, vol. 116, no. 12, pp. 2826–2846.

Muravlyova Ksenya B., junior researcher SRI MBB RAMS, Novosibirsk, Russian Federation.

Kuzminova Olga I., researcher SCCEM RAMS, Novosibirsk, Russian Federation.

Petrova Svetlana E., junior researcher SRI MBB RAMS, Novosibirsk, Russian Federation.

Skoraya Marina V., junior researcher SRI MBB RAMS, Novosibirsk, Russian Federation.

Bazanova Olga M. (✉), researcher SRI MBB RAMS, Novosibirsk, Russian Federation.

✉ **Bazanova Olga M.**, Ph.: +7 (383) 333-53-40, +7-913-914-0296; e-mail: bazanova@soramn.ru