

ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ РЕГУЛЯЦИИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕЁ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

© 2019 г. Д. В. Бердников, И. И. Бобынцев, *В. Я. Апчел, **Н. С. Андриуца

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет», г. Курск;

*ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена», г. Санкт-Петербург;

**ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова», г. Москва

В статье исследованы вопросы регуляции деятельности у лиц разного пола. *Цель* – изучить половые различия в психофизиологической регуляции деятельности при разных видах обратной связи и выявить их взаимосвязи с показателями мозговой активности. *Методы*. Используя методики исследования восприятия и отмеривания длительности тона, обследовали 169 женщин и 60 мужчин (229 человек) добровольцев в возрасте 18–26 лет. У 125 женщин и 42 мужчин (167 человек) регистрировали электроэнцефалограмму. *Результаты*. При деятельности на основе внутреннего опыта не установлено половых различий в ее результативности, но мужчины более пластичны, их регуляция взаимосвязана с уменьшением только внутриполушарных связей, а у женщин – со снижением межполушарных и внутриполушарных связей. При использовании внешней обратной связи мужчины точнее, стабильнее и более упорядочены в оценках, меньше переоценивают или недооценивают эталон, более обучаемы, чувствительны к обратной связи и пластичнее в действиях. Их регуляция сопряжена со снижением общей представленности β_1 - и δ -ритмов, разнонаправленными зависимостями от β_2 - и θ -активности с ослаблением обмена информацией между полушариями. Для женщин характерно повышение активации, усиление внутри- и межполушарных связей с преобладанием α -ритмов. Важно, что при ложной обратной связи данные закономерности сохраняются, а отличия в обучаемости нивелируются. *Выводы*: мужчины лучше используют обратную информацию, применяют отличающиеся стратегии достижения результата и опираются на другие свойства регуляции при разных видах обратной связи, успешнее справляются с когнитивным конфликтом; половые различия в регуляции деятельности взаимосвязаны с нейрофизиологическими особенностями.

Ключевые слова: половые различия, психофизиологическая регуляция, деятельность, восприятие, электроэнцефалограмма, межполушарные связи

GENDER DIFFERENCES OF OPERATOR ACTIVITY REGULATION AND ITS NEUROPHYSIOLOGICAL SUPPORT

D. V. Berdnikov, I. I. Bobyntsev, *V. Ya. Apchel, **N. S. Andriutsa

Kursk State Medical University, Kursk; *Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg;

**I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

The article considers the questions of activity regulation in individuals of different sexes. *The aim* is to study gender differences in psychophysiological regulation of activity under a variety of feedbacks and reveal their correlation with brain activity indices. *Methods*: Using the methods of apperception studying and tone value measuring 169 females and 60 males (229 individuals) volunteers aged 18–26 years were examined. EEG was registered in 125 women and 42 men (167 individuals). *Results*. Following the internal experience no gender differences were found in the activity efficiency, but men were more flexible, their regulation is only interrelated with intra-hemispheric links reduction, while that of women - with the reduction of both inter- and intra-hemispheric links. In using the external feedback men are more accurate, stable, well-minded, they, to a less degree, overestimate or underestimate the standard, they are more educable, more sensitive to feedback and more flexible in work. Their regulation is accompanied by reduced general representation of β_1 - and δ -rhythms, multi-directional dependencies of β_2 - and θ -activeness with reduction of information exchange between the hemispheres. Females are characterized by activation increase, strengthening of intra- and interhemispherical links with α -rhythms prevalence. It is important that in case of false feedback these regulations are preserved and differences in educability are neutralized. *Conclusions*: men better use feedback information, apply different strategies in achieving the result and rely on other regulation properties in various kinds of feedback; they are more successive in coping with cognitive conflict. Gender differences in activity regulation are interrelated with neurophysiological peculiarities.

Key words: gender differences, psychophysiological regulation, activity, comprehension, electroencephalogram, interhemispherical links

Библиографическая ссылка:

Бердников Д. В., Бобынцев И. И., Апчел В. Я., Андриуца Н. С. Половые различия регуляции операторской деятельности и её нейрофизиологического обеспечения // Экология человека. 2019. № 9. С. 31–40.

Berdnikov D. V., Bobyntsev I. I., Apchel V. Ya., Andriutsa N. S. Gender Differences of Operator Activity Regulation and Its Neurophysiological Support. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 9, pp. 31–40.

Половые особенности имеют большое значение в процессах функционирования и адаптации организма человека, в том числе в мозговой активности и поведении [2, 7]. Данные различия проявляются не только в подвижности нервных процессов, реакциях

на движущийся объект, особенностях внимания и восприятия, наблюдательности, стрессоустойчивости и надежности профессиональной деятельности, но и в структурных компонентах интеллекта [6, 12]. При этом установлена важность индивидуальных регуляторных

особенностей мужчин и женщин, обусловленных нейрофизиологическими процессами, для формирования стратегии достижения необходимого результата [5, 14], что свидетельствует о значимости учета половых различий не только при специализированной организации профессиональной деятельности, профилактики стрессов, выбора методов психокоррекции и реабилитации, но и при выборе тактики лечения.

Однако в большинстве психофизиологических исследований регуляция деятельности обычно рассматривается в целом, как нечто единое и глобальное. Только в отдельных работах она представляется как последовательная смена этапов/стадий, что по своей сути является «организацией», а не собственно «регуляцией». В подобных работах чаще изучаются именно физиологические процессы. Кроме того, в них редко учитывается наличие/отсутствие внешней обратной связи, которая, повышая осознание, может использоваться как для совершения действий, так и для регуляции функционального состояния. Важно отметить, что подобный подход не учитывает наличия в деятельности собственных системно-информационных регуляторных процессов, обоснованных положениями теории функциональных систем и осуществляющихся фактически одновременно, что подтверждается фазовыми изменениями фокусов мозговой активности [9].

Исходя из вышеизложенного, полагаем, что психофизиологическая регуляция деятельности при разных видах обратной связи имеет половые различия на уровне её характеристик и свойств, нейрофизиологическое обеспечение которых у мужчин и женщин также отличается. Для ее проверки были поставлены следующие задачи: 1) изучить на основе модели операторской деятельности у разделенных по половому признаку испытуемых регуляцию целенаправленного восприятия длительности чистого тона; 2) выявить взаимосвязи процессов регуляции деятельности мужчин и женщин с показателями общей мозговой активности.

Методы

Экспериментальное исследование выполнено в полном соответствии со статьями 5, 6 и 7 «Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека». Регуляцию деятельности изучали у 169 женщин и 60 мужчин (229 человек) в возрасте 18–26 лет, добровольцев из числа студентов высших учебных заведений. У 125 женщин и 42 мужчин (167 человек) регистрировали электроэнцефалограмму (ЭЭГ). Критерием включения в исследование служило отсутствие заболеваний в фазе обострения или требующих постоянной медикаментозной терапии.

Регуляцию деятельности изучали с помощью методики восприятия и отмеривания длительности чистого тона (700 Гц, 55 дБ, 1 с) [3]. При этом испытуемому на компьютере автоматически предъявляли звук, который после четырех пробных тестов необходимо было последовательно по 50 раз отмерить при следующих условиях: без обратной связи,

с внешней истинной и ложной обратной зрительной связью. Рассчитывали 17 характеризующих структуру ошибок коэффициентов, разделённых на несколько групп, в которых результат регуляции функциональной системы проявлялся средней величиной ошибок без учёта знака (K1). Вариативность оценок (K2) и степень преобладания тенденции к переоценке или недооценке (K3) отражали динамическую, а средние величины переоценок (K4) и недооценок (K5) — качественную характеристику стиля достижения результата. Обучаемость регуляции характеризовалась прогрессом точности воспроизведения эталона (K6), стабилизацией процесса регуляции (K7), степенью уменьшения вариативности последних десяти оценок в сравнении с первыми десятью (K8), отношением средних отклонений первых и последних десяти оценок по модулю (K9) и относительной негэнтропией (K10), отражающей упорядоченность оценок. Степень повышения точности (K11) и стабильности (K12) оценок при введении внешней обратной связи отражали чувствительность к ней в сравнении с результатом при её отсутствии. Другие коэффициенты характеризовали различные аспекты пластичности регуляции. Степень изменения оценки объекта после получения информации о предыдущем результате (K13) связана с гибкостью перепрограммирования деятельности, реактивной пластичностью. В соотношении показателей гибкости перепрограммирования действия при разных видах обратной связи (K14) проявлялась общая пластичность в целом. Скорость перестройки деятельности (K15), степень изменения точности (K16) и вариативности (K17) оценок при изменении параметров эталона отражали направленность на скорейшее достижение нового результата. Регуляцию целенаправленного восприятия без обратной связи оценивали коэффициентами K1–K5, K13, с истинной обратной связью — K1–K14, а с ложной связью учитывали все показатели.

Фоновую ЭЭГ регистрировали в состоянии покоя монополярно по схеме 10–20 с помощью электроэнцефалографа «Нейрон-спектр» (Россия, Иваново, «Нейрософт»). Референтные электроды крепили на мочках ушей. Безартефактные отрезки ЭЭГ (эпохами 2,56 с) анализировали с использованием пакета программ «Нейрон-спектр 2.0.3.1.». Рассчитывали спектр мощности ЭЭГ по Блекману — Тьюки, кросскорреляцию биопотенциалов лобных, теменных, височных, затылочных областей, внутри- и межполушарную когерентность биопотенциалов (δ -, θ -, α -, β_1 - и β_2 -диапазонов). Затем показатели фоновой ЭЭГ по 8 зонам мозга у каждого испытуемого усредняли и вычисляли средние общемозговые значения индексов, спектров, их мощности, средней пространственно-временной скоррелированности и когерентности биопотенциалов мозга, что позволяло оценить общемозговые характеристики биоэлектрической активности [8].

Характеристики регуляции целенаправленного восприятия у мужчин и женщин сравнивали по

Таблица 1

Показатели регуляции целенаправленного восприятия длительности чистого тона у женщин и мужчин и значимости различий по критерию Колмогорова – Смирнова

Показатель регуляции	Без обратной связи			С обратной связью		
	Женщины	Мужчины		Женщины	Мужчины	
	Me (Q1–Q2)	Me (Q1–Q2)		Me (Q1–Q2)	Me (Q1–Q2)	
K1	23,27 (14,77–35,48)	20,20 (15,15–30,42)		0,177	13,75 (10,68–17,01)	10,14 (8,77–12,90)
K2	14,77 (10,24–18,74)	12,47 (8,85–17,03)		0,262	11,10 (8,63–14,18)	7,68 (6,51–11,45)
K3	154,0 (57,00–188,0)	144,0 (24,00–180,0)		0,385	80,0 (60,0–103,0)	84,0 (64,0–96,00)
K4	20,30 (11,80–36,34)	17,29 (8,85–27,01)		0,157	13,55 (10,03–17,42)	9,88 (7,88–13,14)
K5	11,89 (4,31–18,99)	13,63 (5,15–22,05)		0,813	12,90 (9,69–15,85)	9,53 (7,95–12,09)
K6	—	—		—	1,16 (0,80–1,58)	1,20 (0,98–1,71)
K7	—	—		—	0,56 (0,25–1,03)	0,56 (0,24–0,98)
K8	—	—		—	0,65 (0,45–0,97)	0,73 (0,60–0,93)
K9	—	—		—	0,63 (0,46–0,99)	0,72 (0,60–0,90)
K10	—	—		—	0,67 (0,63–0,72)	0,70 (0,68–0,73)
K11	—	—		—	0,64 (0,42–0,94)	0,50 (0,38–0,65)
K12	—	—		—	0,79 (0,55–1,11)	0,74 (0,48–0,87)
K13	13,39 (10,36–18,03)	10,63	8,42	14,04	0,002	18,05 (14,24–23,11)
K14	—	—		—	1,32 (1,05–1,73)	1,32 (1,00–1,63)

Примечание. Me — медиана; Q1 — первый квартиль; Q2 — второй квартиль.

критерию Колмогорова – Смирнова, а также коррелировали по Спирмену с показателями ЭЭГ с использованием программы Statistica 6.0. Проверку на нормальность распределения признаков проводили методом анализа асимметрии и эксцесса и их стандартных ошибок. При проверке статистических гипотез и степени связей за критический уровень значимости принимали $p < 0,05$.

Результаты

Установлено, что при деятельности на основе внутреннего опыта в точности и стиле восприятия, отмеривании длительности тона половые различия отсутствуют. Ключевым отличием является только большая гибкость перепрограммирования действий (K13) у мужчин. При введении обратной связи как мужчины, так и женщины, улучшают показатели своей эффективности. Однако мужчины показывают большую точность (K1), стабильность (K2) и упорядоченность (K10) оценок, меньшие величины переоценок (K4) и недооценок (K5) при отсутствии различий в преобладании какой-либо стилевой тенденции (K3) (табл. 1).

При этом у них лучше чувствительность к обратной связи (K11, K12), гибкость перепрограммирования действий (K13) и обучаемость (K8, K9). Изменение обратной связи на ложную у всех испытуемых вызывает некоторое ухудшение основных показателей (табл. 2). Однако и в данном случае мужчины более эффективны (K1), стабильнее (K2) и упорядоченнее (K10) в оценках. Проявляя лучшую чувствительность к обратной связи (K11, K12) и пластичность (K13), они меньше переоценивают (K4) и недооценивают (K5) эталон, но имеют уже одинаковую с женщинами обучаемость.

Таблица 2

Показатели регуляции восприятия длительности чистого тона с ложной обратной связью у женщин и мужчин и значимости различий по критерию Колмогорова – Смирнова

Показатель регуляции	Женщины	Мужчины	p
	Me (Q1–Q2)	Me (Q1–Q2)	
K1	18,08 (14,43–24,23)	13,52 (11,97–17,82)	0,0001
K2	13,02 (10,10–17,46)	9,41 (8,01–12,52)	0,0001
K3	40,00 (24,00–128,0)	36,00 (20,00–50,00)	0,254
K4	12,22 (6,67–21,84)	9,00 (6,83–12,70)	0,002
K5	17,84 (13,11–23,38)	14,92 (12,54–18,33)	0,009
K6	1,12 (0,93–1,48)	1,15 (0,83–1,47)	0,801
K7	0,67 (0,28–1,02)	0,50 (0,24–1,04)	0,780
K8	0,58 (0,43–0,82)	0,51 (0,40–0,81)	0,550
K9	0,53 (0,40–0,79)	0,49 (0,35–0,87)	0,237
K10	0,71 (0,65–0,77)	0,77 (0,73–0,82)	0,0001
K11	0,87 (0,54–1,33)	0,69 (0,52–0,97)	0,032
K12	0,99 (0,70–1,35)	0,84 (0,61–1,12)	0,069
K13	17,46 (13,82–22,26)	12,94 (11,15–15,19)	0,0001
K14	1,31 (0,98–1,66)	1,21 (0,87–1,49)	0,463
K15	30,50 (9,00–50,00)	27,00 (11,00–50,00)	0,969
K16	1,39 (1,03–2,03)	1,45 (1,03–2,05)	0,985
K17	1,26 (0,84–2,02)	1,39 (0,97–2,02)	0,761

Примечание. Me — медиана; Q1 — первый квартиль; Q2 — второй квартиль.

Взаимосвязи характеристик регуляции деятельности с показателями ЭЭГ также демонстрируют различия между мужчинами и женщинами. Так, тенденция к недооценкам эталонов (K3) без обратной связи у мужчин связана с ростом представленности α -, θ - и β_1 -ритмов, временной синхронизации β_1 -активности

Таблица 3

Корреляция показателей фоновой ЭЭГ и регуляции деятельности без обратной связи

Показатель ЭЭГ		Показатель регуляции					
		Женщины				Мужчины	
		K2	K4	K5	K13	K3	K13
Максимальная мощность ритма β_1		—	—	—	—	$r = -0,32$ $p = 0,037$	—
Средняя мощность ритма	β	—	—	—	—	—	$r = -0,31$ $p = 0,049$
	θ	—	—	—	—	$r = -0,31$ $p = 0,045$	—
	α	—	—	—	—	$r = -0,37$ $p = 0,015$	—
	β_1	—	—	—	—	$r = -0,32$ $p = 0,040$	—
Межполушарная когерентность	θ	$r = 0,21$ $p = 0,020$	—	—	$r = 0,22$ $p = 0,013$	—	—
	β_1	—	—	$r = 0,18$ $p = 0,044$	—	—	—
	β_2	—	—	$r = 0,24$ $p = 0,006$	—	—	—
Внутриполушарная когерентность	δ	—	—	—	—	$r = 0,41$ $p = 0,007$	—
	θ	$r = 0,31$ $p = 0,001$	—	—	$r = 0,28$ $p = 0,002$	—	—
	α	$r = 0,23$ $p = 0,009$	—	—	$r = 0,27$ $p = 0,003$	$r = 0,33$ $p = 0,031$	—
	β_1	$r = 0,29$ $p = 0,001$	$r = 0,19$ $p = 0,031$	—	$r = 0,28$ $p = 0,002$	$r = 0,37$ $p = 0,016$	—
	β_2	$r = 0,23$ $p = 0,009$	—	—	$r = 0,24$ $p = 0,007$	—	—
Индекс θ		—	—	—	$r = 0,22$ $p = 0,015$	—	—
Межполушарная кросскорреляция		$r = 0,23$ $p = 0,011$	—	—	—	—	—
Внутриполушарная кросскорреляция		—	—	—	—	$r = 0,31$ $p = 0,044$	—

при снижении внутриполушарной кросскорреляции всех ритмов и когерентности δ -, α - и β_1 -ритмов (табл. 3). Выраженная гибкость (реактивная пластичность) регуляции (K13) зависит только от усиления δ -активности.

Регуляция деятельности без обратной связи у женщин в большей мере взаимосвязана с изменениями характеристик ЭЭГ. Гибкость регуляции (K13) при этом зависит от снижения индекса и межполушарной когерентности θ -ритма, а также внутриполушарной когерентности θ -, α -, β_1 - и β_2 -ритмов. Стабильность их оценок (K2) связана со снижением межполушарной кросскорреляции всех ритмов, когерентности θ -ритма и внутриполушарной когерентности θ -, α -, β_1 - и β_2 -ритмов. Низкие величины переоценок (K4) зависят от уменьшения внутриполушарной когерентности β_1 -ритма, а недооценок (K5) — от межполушарной когерентности β_1 - и β_2 -ритмов.

Взаимосвязи характеристик ЭЭГ и регуляции деятельности при использовании внешней обратной связи у разных полов более разнообразны (табл. 4). Высокий результат (K1) у мужчин сопровождается ростом внутриполушарной когерентности β_2 -ритма, а у женщин — α -индекса.

Стабильность оценок (K2) у мужчин связана с ростом θ -индекса, тенденция к недооценкам (K3) — со снижением β_1 -индекса, низкие переоценки (K4) — с уменьшением δ -индекса. У женщин стабильность оценок (K2) зависит от роста α -индекса, низкие переоценки (K4) — от снижения внутриполушарной когерентности α -активности, а недооценки (K5) уменьшения представленности медленных ритмов — θ - и δ -индексов. Обучаемость регуляции (K6, K7, K8, K9) у мужчин в большей мере связана со снижением межполушарной кросскорреляции всех ритмов и уменьшением θ -индекса (K6). При этом высокая упорядоченность (K10) оценок сопровождается ростом θ -индекса и снижением межполушарной когерентности β_2 -ритма. У женщин упорядоченность (K10) оценок взаимосвязана со снижением θ -индекса и ростом α -индекса, т. е. со снижением напряжения и увеличением скорости обработки информации (табл. 5). Иные параметры обучаемости сопровождаются ослаблением межполушарной кросскорреляции всех ритмов (K8) и межполушарной когерентности β_1 -ритма (K6, K7). Чувствительность регуляции деятельности к обратной связи у мужчин связана со снижением

Таблица 4

Корреляция показателей фоновой ЭЭГ и регуляции деятельности с внешней обратной связью у мужчин

Показатель ЭЭГ		Показатель регуляции												
		K1	K2	K3	K4	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Максимальная мощность ритма	β_1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = 0,35$ $p = 0,024$
	β_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = 0,34$ $p = 0,029$	—	—	—
Средняя мощность ритма	δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = 0,31$ $p = 0,049$	—	$r = 0,42$ $p = 0,005$
	β_1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = 0,40$ $p = 0,008$
Межполушарная когерентность	β_1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = 0,33$ $p = 0,036$	—
	β_2	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = -0,31$ $p = 0,048$	—	—	—	—
Внутриполушарная когерентность β_2		$r = -0,37$ $p = 0,016$	—	—	$r = -0,31$ $p = 0,049$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Межполушарная кросскорреляция		—	—	—	—	$r = -0,38$ $p = 0,014$	$r = -0,34$ $p = 0,028$	$r = -0,40$ $p = 0,008$	$r = -0,34$ $p = 0,026$	—	—	—	—	—
Индексы ритмов	δ	—	—	—	$r = 0,35$ $p = 0,021$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	θ	—	$r = -0,32$ $p = 0,038$	—	—	—	—	—	—	$r = 0,33$ $p = 0,032$	—	—	—	—
	β_1	—	—	$r = 0,34$ $p = 0,025$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	β_2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = 0,35$ $p = 0,024$	—	—	—

максимальной амплитуды и индекса β_2 -ритма (K11), а также δ -активности (K12).

Данный аспект регуляции у женщин зависит от внутри и межполушарных связей, т. е. от усиления межполушарной кросскорреляции всех ритмов (K11, K12) и внутриполушарной когерентности θ - и β_1 -ритмов (K12). Более высокая гибкость перепрограммирования действий (K13) у мужчин сопровождается низкой межполушарной когерентностью β_1 -ритма, а у женщин — низкой внутриполушарной когерентностью θ -ритма. Общая пластичность (K14) у мужчин связана со снижением представленности δ - и β_1 -активности и временной синхронизации β_1 -ритма, тогда как у

женщин данный показатель коррелирует с ростом межполушарной когерентности β_1 -ритма.

Возникновение когнитивного конфликта во время введения ложной обратной связи соответствует большим проявлениям половых различий. При этом у женщин преобладают изменения внутриполушарных взаимосвязей, а у мужчин — проявления отдельных ритмов (табл. 6).

В частности, низкие переоценки (K4) у мужчин взаимосвязаны с уменьшением индекса и межполушарной когерентности δ -ритма, а недооценки (K5) — ослаблением межполушарной когерентности θ -ритма. Точность деятельности не имеет корреля-

Таблица 5

Корреляция показателей регуляции деятельности с внешней обратной связью и фоновой ЭЭГ у женщин

Показатель ЭЭГ		Показатель регуляции											
		K1	K2	K4	K5	K6	K7	K8	K10	K11	K12	K13	K14
Межполушарная когерентность	β_1	—	—	—	—	$r = -0,19$ $p = 0,037$	$r = -0,20$ $p = 0,029$	—	—	—	—	—	$r = -0,20$ $p = 0,023$
Внутриполушарная когерентность	θ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = -0,22$ $p = 0,015$	$r = 0,19$ $p = 0,033$	—
	α	—	—	$r = 0,18$ $p = 0,044$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	β_1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$r = -0,23$ $p = 0,009$	—	—
Межполушарная кросскорреляция		—	—	—	—	—	—	$r = -0,18$ $p = 0,048$	—	$r = -0,20$ $p = 0,025$	$r = -0,30$ $p = 0,001$	—	—
Индексы ритмов	δ	—	—	—	$r = 0,18$ $p = 0,044$	—	—	—	—	—	—	—	—
	θ	—	—	—	$r = 0,18$ $p = 0,040$	—	—	—	$r = -0,18$ $p = 0,041$	—	—	—	—
	α	$r = -0,18$ $p = 0,045$	$r = -0,23$ $p = 0,010$	—	—	—	—	—	$r = 0,18$ $p = 0,041$	—	—	—	—

Таблица 6

Корреляция показателей регуляции деятельности с ложной обратной связью и фоновой ЭЭГ у женщин

Показатель ЭЭГ		Показатель регуляции					
		K1	K4	K12	K14	K16	K17
Средняя мощность ритма	θ	—	—	—	—	—	$r = 0,21$ $p = 0,017$
	α	—	—	—	—	—	$r = 0,29$ $p = 0,001$
Максимальная мощность ритма	θ	—	—	—	—	—	$r = 0,29$ $p = 0,001$
	α	—	—	—	—	—	$r = 0,28$ $p = 0,001$
	β_1	—	—	—	—	—	$r = 0,22$ $p = 0,015$
	β_2	—	—	—	—	—	$r = 0,20$ $p = 0,028$
Межполушарная когерентность	β_1	—	—	—	$r = -0,19$ $p = 0,036$	—	—
Внутриполушарная когерентность	θ	—	$r = 0,19$ $p = 0,030$	$r = -0,21$ $p = 0,021$	—	—	—
	α	$r = 0,18$ $p = 0,048$	—	—	—	—	—
	β_1	—	—	$r = -0,23$ $p = 0,011$	$r = -0,18$ $p = 0,043$	—	—
	β_2	—	$r = 0,19$ $p = 0,030$	—	—	—	—
Индексы ритмов	δ	—	—	—	—	—	$r = -0,23$ $p = 0,010$
	θ	—	—	—	—	$r = 0,20$ $p = 0,022$	—
	α	—	—	—	—	—	$r = 0,27$ $p = 0,002$

Таблица 7

Корреляция показателей регуляции деятельности с ложной обратной связью и фоновой ЭЭГ у мужчин

Показатель ЭЭГ		Показатель регуляции					
		K4	K5	K7	K14	K15	K17
Средняя мощность ритма	δ	—	—	$r = 0,40$ $p = 0,009$	$r = 0,41$ $p = 0,006$	—	—
	θ	—	—	—	—	—	—
	α	—	—	—	$r = 0,36$ $p = 0,020$	—	—
Максимальная мощность ритма	δ	—	—	$r = 0,39$ $p = 0,012$	$r = 0,37$ $p = 0,017$	—	—
	α	—	—	—	$r = 0,31$ $p = 0,045$	—	—
Внутриполушарная кросскорреляция		—	—	—	—	—	$r = 0,39$ $p = 0,011$
Межполушарная когерентность	δ	$r = 0,39$ $p = 0,011$	—	—	—	—	—
	θ	—	$r = 0,32$ $p = 0,036$	—	—	—	—
	α	—	—	—	—	$r = -0,34$ $p = 0,029$	—
	β_2	—	—	—	—	$r = -0,40$ $p = 0,009$	—
Внутриполушарная когерентность		θ	—	—	—	—	$r = 0,39$ $p = 0,010$
Индексы ритмов		δ	$r = 0,38$ $p = 0,013$	—	—	—	—

ционных связей с показателями ЭЭГ. У женщин же хорошая результативность (K1) зависит от снижения внутриполушарной когерентности α -ритма, а низкие переоценки (K4) — от ослабления внутриполушарной когерентности θ -ритма и β_2 -ритма. Если у женщин в подобных условиях нет зависимостей характеристик обучаемости с мозговой активностью, то у мужчин она (K7) связана с увеличением представленности и временной синхронизации медленного δ -ритма (табл. 7). Высокая чувствительность к обратной связи у мужчин (K12) взаимосвязана со снижением представленности θ -ритма, у женщин — с усилением внутриполушарной когерентности θ -ритма и β_1 -ритма.

Общая пластичность регуляции (K14) деятельности у мужчин зависит от снижения представленности и временной синхронизации δ - и α -ритма, у женщин — от повышения межполушарной и внутриполушарной когерентности β_1 -ритма. При этом выраженная направленность к перестройке деятельности на новый эталон у мужчин связана с ростом межполушарной когерентности α - и β_2 -ритмов (K15) и снижением внутриполушарной когерентности θ -ритма. У женщин данный аспект пластичности взаимосвязан с снижением временной синхронизации θ -, α -, β_1 - и β_2 -ритмов (K17), θ - и α -индексов (K16, K17), ростом δ -индекса (K17).

Обсуждение результатов

Полученные в работе результаты свидетельствуют о том, что в регуляции целенаправленного восприятия и воспроизведения информации мужчины применяют отличающиеся от женских стратегии достижения результата и опираются на другие свойства регуля-

ции при разных видах обратной связи, эффективнее используют внешнюю обратную связь и лучше справляются с когнитивным конфликтом. Данные заключения согласуются с имеющимися в литературе представлениями о влиянии на деятельность различных индивидуальных регуляторных качеств [12]. При этом важно отметить, что полученные данные с учетом положений теории функциональных систем в значительной степени способствуют раскрытию половых различий в динамических механизмах регуляции на разных стадиях процесса достижения результата, в том числе при использовании разных типов обратной связи. В частности, достижение и устойчивость необходимого результата при наличии внешней обратной связи у мужчин, в отличие от женщин, обеспечивается высокой чувствительностью к ней, а также повышением пластичности перепрограммирования действий и обучаемости, что способствует повышению упорядоченности оценок со снижением величин переоценок и недооценок. Кроме того, очевидным полученным в работе фактом является установление не только половых различий в преодолении когнитивного конфликта, но и лежащих в их основе ключевых психофизиологических особенностей процессов регуляции. Например, повышение у мужчин учета обратной информации, гибкости в принятии решений и перепрограммировании действий. В то же время необходимо отметить, что выполненное нами исследование только одного вида деятельности в определенной степени затрудняет экстраполяцию полученных закономерностей на другие виды поведения человека и обуславливает необходимость проведения соответствующих работ в данном направлении.

Полученные результаты также позволяют полагать, что в основе половых особенностей процессов регуляции лежат половые различия в механизмах организации активности нервной системы. При этом необходимо обратить внимание на сделанное во многих работах заключение о том, что при выполнении когнитивных заданий происходит уменьшение α - и усиление β -активности, положительная корреляция между δ - и θ -ритмами с уровнем синхронизации. Однако в целом ряде исследований подобные данные не нашли подтверждения. Имеющиеся различия результатов объяснялись исходными особенностями ЭЭГ, уровнем активации центральной нервной системы (ЦНС), особенностями пространственной организации корковых процессов и условиями проводимых экспериментов [16]. Объяснению данных противоречий способствовало рассмотрение исполнительных функций как разноуровневого сочетания процессов торможения (фильтрации), рабочей памяти и когнитивной гибкости, анатомо-физиологическим субстратом которых являются лобные доли и стриатум. Подобный подход выявил неоднородность регуляторных процессов и различия в их нейрофизиологических основах [11]. С вышеуказанными фактами согласуются результаты нашего исследования, учитывающего наличие в деятельности различных регуляторных характеристик и свойств, а также использование разных видов обратной связи. Так, у женщин при опоре на собственный опыт при равной с мужчинами эффективности существенную роль в её достижении играет снижение межполушарных и внутриполушарных связей в диапазоне различных ритмов, что указывает на изменения пространственной организации корковых процессов, ослабление произвольности познавательных процессов и механизмов отождествления информации [15]. Для мужчин при уменьшении внутриполушарных взаимосвязей большую значимость приобретает усиление локальной активности, отражающей скорость сенсорной фильтрации и обработки информации с развитием координационного торможения нервных процессов [1, 20]. В случае использования обратной связи у мужчин регуляция деятельности сопряжена со снижением общей представленности β_1 - и δ -ритмов, разнонаправленными зависимостями характеристик и свойств регуляции с β_2 - и θ -активности и незначительным ослаблением обмена информацией между полушариями. Эти результаты в определенной степени согласуются с данными о наличии определённых паттернов фронтально-окципитальной и латеральной организации активности θ - и β -осцилляторов коры мозга, обуславливающих различия в результативности творческой деятельности у мужчин и женщин [5], а также с представлениями о сопряжении эффективности деятельности с регуляцией когнитивных процессов [18]. У женщин же только характеристики гибкости и обучаемости связаны с ослаблением межполушарной активности, а другие регуляторные свойства сопряжены с более

высоким уровнем мозговой активации, задействующей как внутри-, так и межполушарные связи, а также с преимущественным преобладанием α -ритмов как проявлением механизма произвольного управления информацией [1]. Во многом сходные половые различия наблюдаются и при использовании ложной обратной связи: направленность на перестройку деятельности к новому эталону у мужчин связана со снижением напряжения и активацией процессов обработки информации, а у женщин — с координационным торможением и анализом мыслительных процессов [19]. В целом полученные результаты согласуются с данными литературы о более высоком уровне мозговой активации с преобладанием межполушарной когерентности в диапазонах всех ритмов у женщин, внутриполушарной пространственно-временной когерентностью в диапазонах β_1 - и β_2 -ритмов у мужчин [2, 17], а также с представлениями о нейрофизиологическом обеспечении половых различий в эффективности различного рода деятельности [4, 13].

Заключение

Половые различия в индивидуально-психологических особенностях, эффективности и стратегиях деятельности, их нейрофизиологические основы показаны в целом ряде исследований. Однако наличие в регуляции отдельных динамических характеристик, составляющих целостную систему, учитывалось только в отдельных работах. В данном исследовании психофизиологическая регуляция деятельности рассматривается с позиций теории функциональных систем как процесс, имеющий собственные динамические особенности. Показано, что мужчины и женщины отличаются на уровне характеристик и свойств регуляции, проявляющихся на разных стадиях процесса достижения результата. Данные различия установлены с использованием разных типов обратной связи, и в их основе находятся особенности механизмов организации активности ЦНС. Полученные в работе результаты способствуют расширению системных представлений о механизмах адаптации, стрессоустойчивости и регуляции поведения с учетом полового фактора [10].

Авторство

Бердников Д. В. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Бобынцев И. И. участвовал в получении, интерпретации и анализе данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Апчел В. Я. участвовал в анализе данных, окончательно отредактировал и утвердил присланную в редакцию рукопись; Андриуца Н. С. участвовала в получении и анализе данных, подготовила первый вариант статьи.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Бердников Дмитрий Валерьевич — SPIN 1727-2237; ORCID 0000-0001-8201-8156

Бобынцев Игорь Иванович — SPIN 3947-0114; ORCID 0000-0001-7745-2599

Апчел Василий Яковлевич — SPIN 4978-0785; ORCID 0000-0001-7658-4856

Андриуца Наталья Сергеевна — SPIN 4791-6104; ORCID 0000-0001-5425-7707

Список литературы

1. Базанова О. М. Индивидуальные характеристики альфа-активности и сенсомоторная интеграция: автореф. дис ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2009. 39 с.
2. Бельских И. А., Голубев С. А., Козаренко Л. А., Плотников Д. В. Гендерные различия структуры обще-мозговых индексов фоновой ЭЭГ человека // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2011. № 2. С. 5–8.
3. Бердников Д. В. Методы исследования саморегуляции функциональных систем // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 1. С. 21–23.
4. Вольф Н. В., Тарасова И. В., Разумникова О. М. Половые различия в изменениях когерентности био-потенциалов коры мозга при образном творческом мышлении: связь с эффективностью деятельности // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2009. Т. 59, № 4. С. 429–436.
5. Вольф Н. В., Тарасова И. В. Связь осцилляций на частотах тета- и бета-ритмов ЭЭГ с эффективностью творческой деятельности // Физиология человека. 2010. Т. 36, № 2. С. 15–22.
6. Голубихина Ю. Ю., Гончарова Н. А. Сравнение психофизиологических показателей надёжности деятельности водителей женского и мужского пола // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. С. 815–819.
7. Горбачева И. Г. Синхронизация мозговой активности в состоянии спокойного бодрствования у лиц разного пола // Успехи современной науки. 2016. Т. 10, № 12. С. 128–131.
8. Козаренко Л. А. ЭЭГ-методика оценки уровней активированности человека // Механизмы интеграции функций в норме и при психосоматических расстройствах: сб. науч. трудов. Курск, 2005. С. 128–131.
9. Козлова И. Ю. Электроэнцефалографические корреляты успешности когнитивной деятельности: автореф. ... канд. мед. наук. СПб., 2010. 23 с.
10. Корнилова Т. В. Принцип неопределенности в психологии выбора и риска // Психологические исследования. 2015. Т. 8, № 40. С. 3. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 20.01.2018).
11. Кропотков Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия. Донецк: Издатель Заславский А. Ю., 2010. 512 с.
12. Мишина М. М. Специфика интеллектуальной деятельности личности // Вестник МГОУ. Серия «Психологические науки». 2014. № 1. С. 6–12.
13. Разумникова О. М., Вольф Н. В. Половые различия во взаимосвязи креативности и полушарной селекции информации на глобальном и локальном уровнях // Физиология человека. 2012. Т. 38, № 5. С. 33–41.
14. Разумникова О. М., Вольф Н. В., Тарасова И. В. Стратегия и результат: половые различия в электрографических коррелятах вербальной и образной креативности // Физиология человека. 2009. Т. 35, № 3. С. 31–41.
15. Серегин В. Я. Сознание и мышление: нейробиологические механизмы // Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». 2011. № 2. С. 7–34.
16. Чувгунова О. А. Планирование как предмет психологического исследования // Психологические исследования.

2015. Т. 8, № 43. С. 11. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 20.01.2018).

17. Bhattacharya J., Petsche H. Shadows of artistry: cortical synchrony during perception and imagery of visual art // Brain Res. Cogn. Brain Res. 2002. Vol. 13, N 2. P. 179–181.

18. Palva S., Kulashkekhar S., Hamalainen M., Palva J. M. Localization of cortical phase and amplitude dynamics during visual working memory encoding and retention // J. Neurosci. 2011. Vol. 31(13). P. 5013–5025.

19. Wang X.-J. Neurophysiological and computational principles of cortical rhythms in cognition // Physiol. Rev. 2010. Vol. 90 (3). P. 1195–1268.

20. Wrobel A., Ghazaryan A., Bekisz M., Bogdan W., Kaminski J. Two streams of attention-dependent beta activity in the striate recipient zone of cat's lateral posterior-pulvinar complex // J. Neurosci, 2007. N 27. P. 2230–2240.

References

1. Bazanova O. M. *Individual'nye kharakteristiki al'fa-aktivnosti i sensomotornaya integratsiya (avtoref. kand. diss.)* [Individual characteristics of alfa-activity and sensomotor integration. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Novosibirsk, 2009, 39 p.
2. Bel'skikh I. A., Golubev S. A., Kozarenko L. A., Plotnikov D. V. Gender difference between the structure of general EEG human indexes. *Kurskii nauchno-prakticheskii vestnik «Chelovek i ego zdorov'e»* [Kursk research and practice bulletin «Human Being and His Health»]. 2011, 2, pp. 5-8. [In Russian]
3. Berdnikov D. V. Methods of studying self-control functional systems. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of New Medical Technologies]. 2011, 18 (1), pp. 21-23. [In Russian]
4. Vol'f N. V., Tarasova I. V., Razumnikova O. M. Gender Differences in EEG Coherence Changes during Figural Creative Thinking: the Efficacy Coupling. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatel'nosti imeni I. P. Pavlova*. 2009, 59 (4), pp. 429-436. [In Russian]
5. Vol'f N. V., Tarasova I. V. Relationships between θ - and β -Oscillations and the Level of Creative Achievement. *Fiziologiya cheloveka*. 2010, 36 (2), pp. 15-22. [In Russian]
6. Golubikhina Yu. Yu., Goncharova N. A. Comparison of psychophysiological indicators of male and female reliability of driver activity. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Studies]. 2015, 2, pp. 815-819. [In Russian]
7. Gorbacheva I. G. Synchronization of the brain activity at persons of different sex during the resting state EEG. *Uspekhi sovremennoi nauki* [Modern science success]. 2016, 10 (12), pp. 128-131. [In Russian]
8. Kozarenko L. A. EEG-metodika otsenki urovnei aktivirovannosti cheloveka [EEG-technique of estimation of human activatedness levels]. In: *Mekhanizmy integratsii funktsii v norme i pri psikhosomaticheskikh rasstroistvakh. Sb. nauch. trudov* [Mechanisms of function integration in norm and in psychosomatic disorders. Digest of Scientific Papers]. Kursk, 2005, pp. 128-131.
9. Kozlova I. Yu. *Elektroentsefalograficheskie korrelyaty uspekhov kognitivnoi deyatel'nosti (avtoref. kand. diss.)* [Electroencephalographic correlates of cognitive activity success. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Saint Petersburg, 2010, 23 p.
10. Kornilova T. V. The principle of uncertainty in psychology of choice and risk. *Psikhologicheskie issledovaniya* [Current Issue Articles]. 2015, 8 (40), p. 3. Available at: <http://psystudy.ru> (accessed: 20.01.2018).
11. Kropotov Yu. D. *Kolichestvennaya EEG, kognitivnye*

vyzvannye potentsialy mozga cheloveka i neiroterapiya [Quantitative EEG, cognitive induced potentials of human brain and neurotherapy]. Donetsk, Zaslavskii A. Yu. Publ., 2010, 512 p.

12. Mishina M. M. Specifics of a person's intellectual activity. *Vestnik MGOU. Seriya «Psikhologicheskie nauki»* [Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Psychological Sciences]. 2014, 1, pp. 6-12. [In Russian]

13. Razumnikova O. M., Vol'f N. V. Sex differences in the relationship between creativity and hemispheric information selection at the global and local levels. *Fiziologiya cheloveka*. 2012, 38 (5), pp. 33-41. [In Russian]

14. Razumnikova O. M., Vol'f N. V., Tarasova I. V. Strategy and results: Sex differences in electrographic correlates of verbal and figural creativity. *Fiziologiya cheloveka*. 2009, 35 (3), pp. 31-41. [In Russian]

15. Seregin V. Ya. Consciousness and thinking: neurobiological mechanisms. *Psikhologicheskii zhurnal Mezhdunarodnogo universiteta prirody, obshchestva i cheloveka «Dubna»* [Psychological journal of Dubna University]. 2011, 2, pp. 7-34. [In Russian]

16. Chuvgunova O. A. Planning as a subject in psychological research. *Psikhologicheskie issledovaniya* [Current Issue Articles]. 2015, 8 (43), p. 11. Available at: <http://psystudy.ru> (accessed: 20.01.2018).

17. Bhattacharya J., Petsche H. Shadows of artistry: cortical synchrony during perception and imagery of visual art. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 2002, 13 (2), pp. 179-181.

18. Palva S., Kulashekhar S., Hamalainen M., Palva J.M. Localization of cortical phase and amplitude dynamics during visual working memory encoding and retention. *J. Neurosci.* 2011, 31 (13), pp. 5013-5025.

19. Wang X.-J. Neurophysiological and computational principles of cortical rhythms in cognition. *Physiol. Rev.* 2010, 90 (3), pp. 1195-1268.

20. Wrobel A., Ghazaryan A., Bekisz M., Bogdan W., Kaminski J. Two streams of attention-dependent beta activity in the striate recipient zone of cat's lateral posterior-pulvinar complex. *J. Neurosci.* 2007, 27, pp. 2230-2240.

Контактная информация:

Бердников Дмитрий Валерьевич — доктор медицинских наук, зав. лабораторией сенсорных систем и психофизиологии НИИ физиологии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3

E-mail: berdnikov@rambler.ru