

Влияние рефлексии на электрофизиологическую активность мозга в зависимости от уровня тревожности

Татьяна Э. Сизикова¹ , Сергей В. Леонов² , Ирина С. Поликанова^{2*} 

¹ ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск, Российская Федерация

² ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований», Москва, Российская Федерация

*Почта ответственного автора: irinapolikanova@mail.ru

Аннотация

Введение. Высокий уровень тревожности часто связывают с аномальной активностью в областях мозга, участвующих в обработке эмоций, в когнитивном контроле, в снижении связности сети пассивного режима работы мозга (СПРРМ). Также исследования показывают, что активация СПРРМ возрастает во время процессов рефлексии, в частности, обращения личности на себя (самореференции), имеющих положительную направленность, что позволяет сделать предположение о возможности использования рефлексии для снижения уровня тревожности. В рамках настоящей работы сделана попытка проверить это предположение, основываясь на данных динамики ЭЭГ до и после прохождения методики, направленной на активизацию, в большей степени, личностной рефлексии. Методы. В исследовании приняли участие 127 человек (средний возраст 25 ± 8 лет). Выборка была поделена на группы с низкой и высокой тревожностью, а также на экспериментальную и контрольную подгруппы. Экспериментальные подгруппы проходили авторскую методику имагинально-рефлексивного ресурса (МИРР), направленную на активизацию рефлексии. Контрольные группы выполняли задания по учебной дисциплине – стандартную когнитивную нагрузку. Запись ЭЭГ проводилась до и после выполнения заданий. Результаты. Результаты показали, что высокий уровень тревожности с большей вероятностью приведет к развитию когнитивного утомления в случае выполнения типичных когнитивных заданий. При

этом процесс рефлексии в сочетании с высоким уровнем тревожности не приводит к сильному когнитивному утомлению, а отражает скорее процессы внимания. Низкий уровень тревожности связан в целом с меньшим когнитивным утомлением. Выполнение задачи на рефлексию у людей с низкой тревожностью отражается на значительной активации мозга, характеризующей процессы внимания. Обсуждение результатов. Полученные результаты соотносятся с данными других исследователей и в целом подтверждают гипотезу нашего исследования. Рефлексия, имеющая положительную направленность, может оказывать влияние на снижение высокого уровня тревожности благодаря активации СПРРМ.

Ключевые слова

рефлексия, тревожность, самореференция, ЭЭГ, электроэнцефалограмма, альфа-ритм, тета-ритм, когнитивные процессы

Финансирование

работа выполнена в рамках Лаборатории конвергентных исследований когнитивных процессов ФНЦ ПМИ, созданной в рамках конкурса Минобрнауки России.

Для цитирования

Сизикова, Т. Э., Леонов, С. В., Поликанова, И. С. (2024). Влияние рефлексии на электрофизиологическую активность мозга в зависимости от уровня тревожности. *Российский психологический журнал*, 21(3), 172–189. <https://doi.org/10.21702/rpj.2024.3.10>

Введение

В современных условиях продолжается поиск новых средств в работе со стрессом, тревогой, тревожностью. Обращение внимания на возможности рефлексии является относительно новым направлением в исследованиях. Необходимость подтверждения валидности рефлексивных методов не вызывает сомнения. Знание психофизиологической реакции организма на рефлексию способствует более правильному применению методов воздействия на снижение тревожности, тревоги и организации условий для рефлексивного процесса.

Тревога (англ. anxiety) – переживание эмоционального дискомфорта, связанного с ожиданием неблагоприятия и предчувствием грядущей опасности (Большой психологический словарь, 2008). Отличие тревоги от страха заключается в том, что тревога связана с неопределенной угрозой, в то время как страх возникает в ответ на конкретную опасность. Оптимальный уровень тревоги необходим для эффективного приспособления к действительности, но чрезмерно высокий или низкий уровень тревоги может привести к дезадаптивным реакциям.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ

Тревога является основой любых психических состояний и поведения, связанных с переживанием стресса. В качестве стрессоустойчивости чаще всего выделяются следующие факторы: *«энергетический потенциал личности; уровень развития интуиции; уровень развития логических способностей; эмоциональная зрелость личности; эмоциональная устойчивость и уровень эмоционального контроля; пластичность (гибкость, готовность личности к изменениям); сильный тип темперамента (по И.П. Павлову); высокий уровень развития рефлексии и др.»* (Грехов, Сулейманова, Адамович, 2017, с. 62). Такой фактор стрессоустойчивости, как высокий уровень развития рефлексии, выделяется в работах последнего десятилетия в связи с исследованиями роли рефлексии в саморегуляции, самоорганизации, саморазвитии личности (Карпов, 2012; 2018; Маслова, Покацкая, 2019; Лысенко, 2022; Ясько и др., 2023).

Предиктором развития стрессовых состояний является тревожность: *«...более тревожные люди обладают более низкими адаптационными возможностями, в связи с чем они становятся более уязвимы для стрессового воздействия экстремальных ситуаций. <...> воздействие травматического события ослабляет адаптационные возможности человека и как следствие способствует повышению уровня личностной тревожности»* (Быховец, Падун, 2019, с. 80).

Согласно ряду нейрофизиологических исследований, высокий уровень тревожности часто ассоциирован с аномальной активностью и гипосвязностью областей мозга, участвующих в обработке эмоций (лимбической системы, в частности миндалины), в когнитивном контроле, а также так называемой сети пассивного режима работы мозга (СПРРМ) (англ. «default mode network») (Imperatori et al., 2019; Saviola et al., 2020; Wang et al., 2021; Xu et al., 2019). Последняя получила такое название потому, что входящая в ее состав медиальная префронтальная кора больших полушарий (область 10 по Бродману, или MPFC/BA 10) демонстрирует связанную активность, когда наш ум не занят решением конкретных задач, к примеру, в течение длительных периодов отдыха, а также во время коротких перерывов между выполнением экспериментов (Damoiseaux et al., 2006; Fox et al., 2005; Fransson, 2005). У людей с высоким уровнем тревожности часто отмечается отсутствие связанной активации СПРРМ в состоянии покоя, которая наблюдается в норме (Imperatori et al., 2019; Wang et al., 2021).

В ряде исследований также показано увеличение активации СПРРМ во время процессов саморефлексии и самореференции (Beer et al., 2010; D'Argembeau et al., 2007; Hu et al., 2016; Kim & Johnson, 2015a; Kircher et al., 2002; Morin, 2007; Mu & Han, 2010a; Ochsner et al., 2005; Shi et al., 2011a). Данная область активизируется, когда участники думают о своей личности (Jenkins & Mitchell, 2011), размышляют о своих эмоциях (Ochsner et al., 2005), думают о личных проблемах (Kuiken & Mathews, 1986), думают о принадлежащих им объектах (Kim & Johnson, 2015b), при предъявлении притяжательных местоимений типа «мой» или фраз с ними (Shi et al., 2011b), представляют себя в прошлом или будущем (Araujo et al., 2013; Spreng & Grady, 2010).

СПРРМ чувствительна к периодам повышенного самосознания на протяжении всей жизни (Pfeifer et al., 2009; Sebastian et al., 2008; Somerville et al., 2013).

Под самореференцией понимается направленность рефлексии на качества личности, в частности, на определенные характеристики или физические свойства. Таким образом, самореференция рассматривается как один из аспектов рефлексии (Сизикова и др., 2024).

В контексте нашей работы особый интерес представляют исследования, демонстрирующие положительную связь между особенностями самореференции (к примеру, положительная самореференция в противопоставление предвзятой негативной самореференции) и уровнем тревожности (Abraham et al., 2013; Tracy et al., 2021). Эти результаты, в свою очередь, могут свидетельствовать о том, что правильно выстроенный процесс рефлексии или самореференции может быть связан с более низким уровнем тревожности. Кроме того, важное значение имеют работы, отражающие связь между рефлексивными процессами (самореференция, медитация и др.), а также электрофизиологическими параметрами (к примеру, синхронизация альфа- и тета-ритмов) (Aftanas, Golocheikine, 2001; Aftanas et al., 2001; Asada et al., 1999; Fossati et al., 2004; Knyazev, 2013).

В качестве **гипотезы** выступило предположение о том, что в зависимости от уровня тревожности рефлексия может по-разному отражаться на динамике электрофизиологической активности мозга.

Методы

Выборка

В исследовании приняли участие 127 человек (средний возраст 25 ± 8 лет). Выборка была разделена по интегральной оценке уровня тревожности в зависимости от показателей личностной и ситуативной тревожности на «низкотревожную группу» и «высокотревожную группу» (табл. 1). Средний уровень тревожности был исключен из эксперимента. Значимых различий между показателями личностной и ситуативной тревожности в каждой группе не выявлено. Это позволило сформировать интегральную оценку уровня тревожности: высокая и низкая.

Обе группы также были разделены на экспериментальную и контрольную группы (табл. 1). Экспериментальная процедура проходила в течение стандартного университетского занятия и заняла 1,5 часа. Экспериментальная группа в течение этого времени выполняла методику имагинально-рефлексивного ресурса (Сизикова, 2018), направленную на организацию личностной рефлексии. Контрольная группа выполняла задания по учебной дисциплине. В начале и в конце занятия обеим группам проводилась запись фоновой ЭЭГ с закрытыми и открытыми глазами.

Таблица 1
Описательные характеристики групп испытуемых

	Экспериментальная группа	Контрольная группа
«Низкотревожная» группа	Группа 1 25 человек (ср.возраст 24 ± 9)	Группа 2 29 человек (ср.возраст 28 ± 9)
«Высокотревожная» группа	Группа 3 35 человек (ср.возраст 24 ± 7)	Группа 4 28 человека (ср.возраст 24 ± 8)

Условия организации рефлексивного процесса

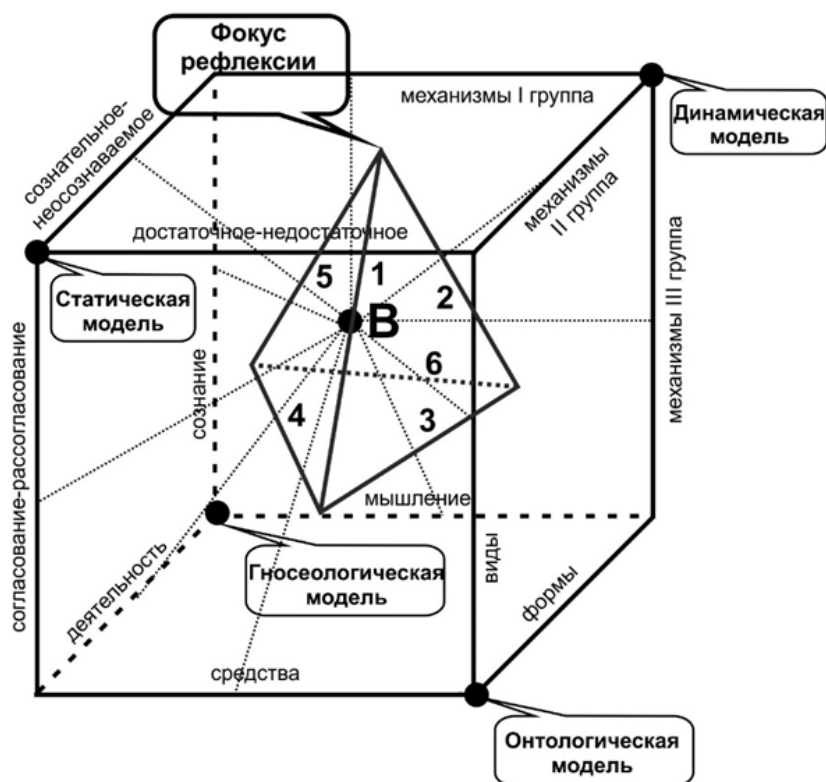
В мета-модели рефлексии (Сизикова, 2018) среди видов рефлексии выделяется личностная рефлексия. Для акта рефлексии любые различия условны. Научные представления в парадигме целого позволяют рассматривать элемент как целое, в котором большее целое – весь объект. Личностная рефлексия отражает в себе все другие виды рефлексии, ее формы, средства, механизмы и прочее. Мета-модель представляет собой определенный конструктор – кентавр из пяти моделей, четыре из которых построены в рамках неклассической парадигмы, пятая соответствует постнеклассической парадигме (рис. 1. Сизикова, 2018, с. 23).

Модель рефлексии в виде куба отражает потенциальное состояние рефлексии, а в виде тетраэдра – ее актуальное состояние. В 12 гранях куба фиксируется актуальная ситуация. В точке выбора (на рисунке тетраэдр) принимается решение, пролонгируемое в действие. Направленности рефлексии (интенциональность) являются характеристикой объекта как целого. Направленность рефлексии на личность (в модели «направленность в рефлексии личности на себя и на Другого»), то содержание личности, которое вырезается вниманием и становится объектом рефлексии мы относим к личностной рефлексии.

Авторская методика МИРР (Методика имаго-рефлексивного ресурса) относится к виду проективных методов. Ее задачей является создание условий для рефлексии, направленной на личность и ее понимание своего мира. Имагинальный слой сознания актуализируется с помощью заданий на ассоциации абстрактных картин, относящихся к архетипическим образам, рефлексивный – с помощью заданий переноса анализа ассоциаций в личную жизнь. Путь от всеобщего к частному позволяет личности расширить свои границы. Основное назначение в мета-модели фокуса рефлексии – совершение выбора. Ассоциирование создает поле возможностей, выбор сужает их до решения. Решение переносится в самоанализ. Самоанализ личности проводится письменно. Письменная речь структурирует внутреннюю речь.

Рисунок 1

Мета-модель рефлексии в мета-онтологии



Примечание: 1 – направленность в рефлексии личности на себя и на «Другого», 2 – направленность на развитие или «застывание», 3 – направленность на творчество, 4 – способ переработки информации, 5 – виды работы с информацией, 6 – саморазвитие рефлексии.

Методику МИРР можно анализировать с позиции мета-модели рефлексии, мы относим такой анализ к гносеологической стороне рефлексии, также с онтологической стороны, основой которой является модальное представление о психике и о рефлексии в частности (Sizikova, 2019; Sizikova, Durachenko, 2020 (a, b); Сизикова, Кудрявцев, 2023 (a, б)).

Процедура методики. В первой части методики испытуемым экспериментальной группы предлагается рассмотреть карточки, на которых изображены в абстрактной форме архетипы, как их видит художник: Дух Огня, Дух Воды, Дух Запаха, Дух Гор, Дух Земли, Дух Воздуха, Дух Природы и Мировое дерево (карточки и процедура методики

представлены в нашей предыдущей работе (Сизикова, 2018). Названия архетипов направляют сознание и восприятие в область мифологического. Обращение к архетипам относится к символической регуляции личности и ее поведения. Л. С. Выготский (Выготский, 1982; 1984) полагал выделение символа как овладение всеобщим в частностях, определял его номинативную функцию в развитии речи и мышления, когда образуются комплексы и символ становится эквивалентом всеобщего в классе объектов. Абстрагирование относится к более высокой форме развития мышления, символ приобретает отчуждаемое личностное как всеобщее содержание. Затем анализ ассоциации возвращает ей привязанность к личности. Ранжирование карточек-картин архетипов от «нравится» до «не нравится» включает анализ, а ассоциативный ряд от 1 до 5 ассоциаций обрисовывает личностный мир в дуальности. Процедуры распределения рядов по блокам на основе предлагаемых критериев (фундаментальность – не фундаментальность, динамичность – не динамичность, реалистичность – фантазийность, ресурсность – не ресурсность, нейтральность) позволяют структурировать ассоциации и перенести эту структуру в свой реальный мир, выполняя самоанализ, что является ключевым заданием методики. Особенностью самоанализа является написание его в качестве рекомендации другу, в которой кроме описания жизни дается ответ на вопрос «как сделать жизнь интереснее и плодотворнее?». Применение децентрации в самоанализе позволяет в рефлексии занимать две позиции, что облегчает переход от личностной включенности в переживания к его объективации.

Во второй части методики все процедуры повторяются, но меняется стимульный материал. Испытуемый оперирует карточками-картинами философского и метафизического содержания: жизнь, любовь, искра творчества, свет, поток.

Третья часть методики завершающая. Испытуемому из всех карт-картин предлагается выбрать одну самую ресурсную и продумать для себя, как этот ресурс может быть применен в жизни. Таким образом, логика методики МИРП позволяет задействовать мета-модель рефлексии в целом.

Шкала оценки уровня реактивной и личностной тревожности. Для определения уровня тревожности использовалась Шкала тревоги Спилбергера (State-Trait Anxiety Inventory – STAI) (Спилбергер Ч. Д. & Ханин Ю.Л., 2000). Опросник разработан Ч. Д. Спилбергером и адаптирован Ю. Л. Ханиным. Он является информативным способом самооценки уровня тревожности в данный момент (реактивная тревожность, как состояние) и личностной тревожности (как устойчивая характеристика человека).

Личностная тревожность – это стойкая индивидуальная черта, которая проявляется в склонности субъекта к тревоге и восприятию многих ситуаций как угрожающих. Эта черта активизируется при восприятии стимулов, которые могут нанести ущерб самооценке и самоуважению. Ситуативная тревожность – это эмоциональное состояние, которое характеризуется переживанием напряжения, беспокойства, озабоченности и нервозности в ответ на стрессовую ситуацию.

Интенсивность и динамика этого состояния могут быть разными. Диагностика тревожности необходима при проведении исследований проективными методами рефлексии с целью определения не только состояния, но и для снятия высокого уровня тревожности в ходе эксперимента. Испытуемый отвечает на вопросы и с помощью понимания своего состояния имеет возможность для саморегуляции своей стрессовости, вызванной новыми для испытуемого условиями эксперимента.

Запись ЭЭГ

Запись электроэнцефалограммы (ЭЭГ) проводилась с помощью программно-аппаратного комплекса «БОСЛАБ-14» (г. Новосибирск) монополярно в отведении Pz. В качестве референтного использовали ушной электрод. Pz сайт был выбран в связи с тем, что характеристики альфа-активности в теменно-затылочной области наиболее устойчивы и воспроизводимы при повторных измерениях, а также наименее вариабельны (Thatcher et al., 2008; Базанова, 2011; Балиоз, 2012). Регистрацию ЭЭГ проводили в состоянии покоя с закрытыми глазами (2 мин) и в пробе на открывание глаз (30 сек). Для контроля за движением глаз записывали электромиограмму (ЭМГ) от мышц лба. В анализ электроэнцефалографических данных включали свободные от артефактов эпохи ЭЭГ, которые подразделялись на сегменты длительностью 4 секунды и подвергались быстрому преобразованию Фурье в полосе пропускания 3–20 Гц с использованием окна Ханна. Выходные данные анализировали с помощью специализированной программы Win EEG (Мицар, Санкт-Петербург), составленной с принятыми стандартами анализа сигнала и представленными в виде таблицы спектральной мощности ЭЭГ с шагом 1 Гц. Для анализа электрофизиологических характеристик использовались значения полной и относительной мощности основных ритмов ЭЭГ: тета-ритм (4–8 Гц), альфа-ритм (8–13 Гц), бета-ритм (13–20 Гц).

Анализ данных

Сравнительный анализ проводился с использованием программы Jamovi 2.4.1. Анализ на нормальность Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk) показал, что по некоторым параметрам ЭЭГ выборка не характеризуется нормальным распределением, в связи с чем было принято решение использовать непараметрический критерий Вилкоксона (Wilcoxon) ($\alpha=0,05$) для внутригрупповых сравнений внутри каждой из подгрупп.

Результаты

Исследование тревожности

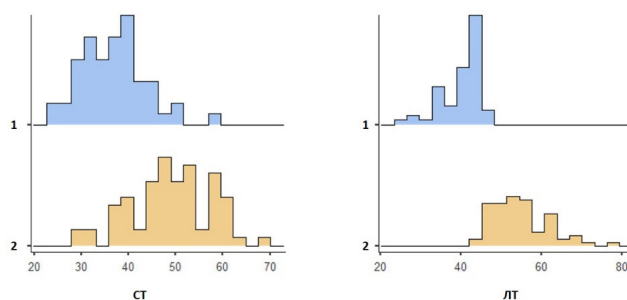
Выборка была разделена по интегральной оценке уровня тревожности в зависимости от показателей личностной и ситуативной тревожности на «низкотревожную группу» и «высокотревожную группу». На рис. 2 представлены гистограммы распределения

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ

по показателям ситуативной тревожности (СТ) и личностной тревожности (ЛТ) в группе низкотревожных (сверху) и высокотревожных (снизу).

Рисунок 2

Гистограммы распределения значений уровня тревожности (личностной тревожности и ситуативной тревожности)

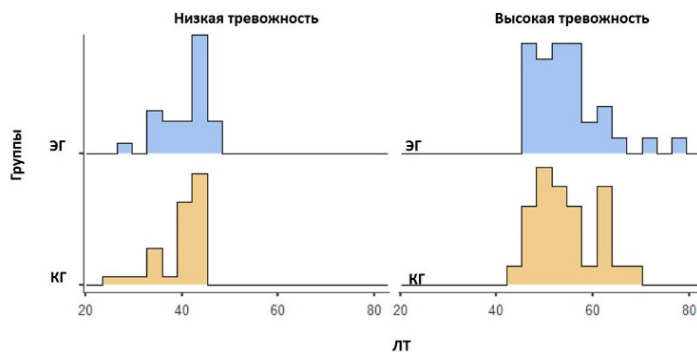


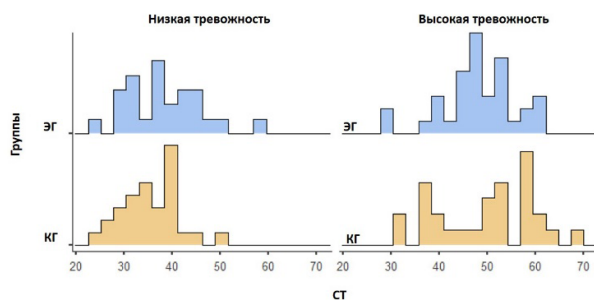
Примечание: 1 – низкий уровень тревожности, 2 – высокий уровень тревожности, СТ – ситуативная тревожность, ЛТ – личностная тревожность.

Группы были также поделены на экспериментальную и контрольную. На рис. 3 представлены гистограммы уровня тревожности по четырем группам. Мы видим, что разбивка на ЭГ и КГ по уровню тревожности в целом идентична.

Рисунок 3

Гистограммы распределения значений уровня тревожности (личностной тревожности и ситуативной тревожности) для экспериментальных и контрольных групп





Примечание: ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа, СТ – ситуативная тревожность, ЛТ – личностная тревожность.

Показатели электрической активности мозга

Значимые статистические различия по динамике электрофизиологических показателей до и после прохождения методики на рефлексию для групп с высоким уровнем тревожности представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты статистического анализа сравнения электрофизиологических показателей ДО и ПОСЛЕ прохождения методики на рефлексию (высокотревожная группа)

		ДО		ПОСЛЕ		p	Коеф d
		Среднее	SD	Среднее	SD		
ЭГ	ГЗАльфа8-9,5	25.64	34.53	32.04	39.61	0.002	-0.6**
	%ГЗАльфа8-9,5	16.22	10.57	19.90	14.24	0.004	-0.56**
	ГЗАльфа	51.35	48.12	64.07	47.91	0.011	-0.62*
	ГЗАльфа8-9,5	18.44	25.34	23.73	31.46	0.022	-0.57*
	ГЗАльфа 9,5-11	18.25	17.29	26.16	21.68	0.003	-0.71**
КГ	%ГЗАльфа 9,5-11	18.78	13.65	23.5	15.15	0.01	-0.63*
	%ГОАльфа 9,5-11	8.43	4.5	10.83	4.79	0.006	-0.66**
	%ГЗТета 4-5,5	11.81	5.56	9.63	4.62	0.007	0.65**
	%ГОТета 7-8	12.16	6.77	15.01	4.61	0.005	-0.49**

Примечание: ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа * $p < .05$, ДО – запись ЭЭГ до выполнения заданий, ПОСЛЕ - запись ЭЭГ до выполнения заданий. ** $p < .01$, *** $p < .001$.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЯ

Экспериментальная группа с высоким уровнем тревожности показала значимое увеличение в полосе альфа-ритма 8–9,5 Гц как для полной мощности, так и для относительной. Контрольная группа при этом характеризовалась более обширным изменением динамики после выполнения академической нагрузки в течение 1,5 часов как в полосе альфа-ритма, так и в полосе тета-ритма. При этом в диапазоне альфа-ритма наблюдалось значимое увеличение мощности (полной и относительной) во всех поддиапазонах альфа-ритма, кроме высокой полосы (11–13 Гц). В диапазоне тета-ритма наблюдалось уменьшение относительной мощности.

Значимые статистические различия по динамике электрофизиологических показателей до и после прохождения методики на рефлексию для групп с низкой тревожностью представлены в таблице 3. КГ с низкой тревожностью показала значимое уменьшение в верхнем диапазоне альфа-ритма 11–13 Гц с открытыми глазами. ЭГ с низкой тревожностью также показала значимое снижение в альфа-диапазоне 11–13 Гц с закрытыми глазами, а также значимое увеличение полной и относительной мощности альфа-ритма в полосе 8–9,5 Гц. Кроме того, у данной группы показано значимое снижение относительной мощности тета-ритма в нижней полосе 4–5,5 Гц.

Таблица 3

Результаты статистического анализа сравнения электрофизиологических показателей ДО и ПОСЛЕ прохождения методики на рефлексию (низкотревожная группа)

	ДО		ПОСЛЕ		p	Коэф d	
	Среднее	SD	Среднее	SD			
ЭГ	ГЗ1Альфа8-9,5	17.45	19.31	24.26	27.43	0.014	-0.6**
	%ГЗАльфа8-9,5	15.65	12.15	18.62	15.77	0.035	-0.52**
	%ГЗАльфа 11-13	17.38	16.12	15.88	15.96	0.046	0.5*
	%ГЗТета 4-5,5	11.37	7.32	8.51	4.24	0.029	0.54*
КГ	ГО1Альфа 11-13	8.44	10.20	6.20	6.86	0.006	0.59**

Примечание. ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа, ДО – запись ЭЭГ до выполнения заданий, ПОСЛЕ – запись ЭЭГ до выполнения заданий. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Обсуждение результатов

Мы изначально предполагали, что контрольная группа – КГ (как с высоким уровнем, так и с низким уровнем тревожности), выполняющая относительно стандартную когнитивную нагрузку, покажет динамику ЭЭГ, близкую к состоянию когнитивного утомления (КУ). КУ характеризуется, как правило, увеличением мощности в альфа-диапазоне и тета-диапазоне (Polikanova & Leonov, 2016). Динамика электрофизиологических показателей у КГ с высоким уровнем тревожности в целом соответствуют литературным данным, в частности, наблюдается увеличение мощности альфа-ритма во всех диапазонах, кроме высокочастотного диапазона (11–13 Гц), а также увеличение мощности верхнего тета-ритма (7–8 Гц) (Aftanas, Golosheikine, 2001; Aftanas et al., 2001; Asada et al., 1999). При этом в полосе нижнего тета-ритма наблюдается уменьшение мощности. Более низкие показатели в диапазоне тета-ритма свидетельствуют о худших процессах памяти (Klimesch et al., 1999). Также есть предположения, что уменьшение мощности в тета-диапазоне коррелирует с когнитивным старением (Cummins & Finnigan, 2007).

В экспериментальной группе – ЭГ – с высоким уровнем тревожности наблюдается гораздо меньше сдвигов в ЭЭГ после прохождения методики на рефлексии, что свидетельствует в первую очередь о том, что этот процесс в гораздо меньшей степени связан с развитием когнитивного утомления. Кроме того, увеличение мощности в нижней полосе альфа-ритма (8–9,5 Гц) во время процесса рефлексии (в нашем случае – прохождении методики МИРР) или самореференции как одного из проявлений рефлексии свидетельствует о большей задействованности процессов внимания (Doppelmayr et al., 2002).

В группах с низким уровнем тревожности результаты показали другие закономерности.

ЭГ с низким уровнем тревожности показала больше значимых сдвигов в ЭЭГ после прохождения методики МИРР, которые частично пересекаются с результатами КГ (хотя у КГ эта закономерность наблюдается только при открытых глазах), а именно – уменьшением мощности верхнего альфа-ритма (11–13 Гц).

Литературные данные показывают, что спектральная мощность верхнего альфа-диапазона (10,5–13 Гц) несет информацию о том, куда направлено внимание – вовне или внутрь (Doppelmayr et al., 2008; Klimesch, 2012). Эта полоса альфа-ритма индексирует внутреннее и внешнее внимание (Salvador et al., 2020). В частности, известно, что когда человек внимательно следит за внешним объектом, мощность его верхнего альфа-диапазона снижается – наблюдается депрессия альфа-ритма (Benedek et al., 2014; Klimesch, 2012; Ray & Cole, 1985). Депрессия альфа-ритма наблюдается в различных задачах, требующих направленного вовне внимания, включая обработку предложений (Bastiaansen et al., 2002; Bastiaansen, Hagoort, 2006) или более социальные задачи, такие как наблюдение за поведением других людей (Perry et al., 2011; Salvador et al., 2020).

Увеличение мощности в нижней полосе альфа-ритма свидетельствует о включенности процессов внимания в рефлексию. Уменьшение мощности в верхней полосе тета-ритма может отражать описанный ранее реципрокный характер отношений между альфа- и тета-ритмами во время когнитивной нагрузки (Klimesch, 1999).

Заключение

Таким образом, проведенное нами исследование демонстрирует, что уровень тревожности достаточно сильно отражается на динамике электрофизиологических показателей после прохождения методики, направленной на рефлексию (в нашем случае – методики МИРР). Низкий уровень тревожности связан, в первую очередь, с меньшим развитием когнитивного утомления, контрольная группа «низкотревожных» показала минимальные сдвиги в ЭЭГ. После выполнения задачи на рефлексию у группы с низкой тревожностью (группа 1) отмечаются сдвиги ЭЭГ, характеризующие процессы внимания, направленные вовне, а не внутрь себя (уменьшение мощности верхнего альфа-ритма (11–13 Гц) и уменьшение мощности нижнего альфа-ритма (8–9,5 Гц), уменьшение верхнего тета-ритма (7–8 Гц)). Это обусловлено тем, что задания методики МИРР выполнялись письменно и задействовали децентрацию, Эти результаты согласуются с нашими предыдущими результатами (Сизикова, Леонов, Поликанова, 2024).

Высокий уровень тревожности связан с более значимыми сдвигами в ЭЭГ, ассоциированными с когнитивным утомлением в случае выполнения когнитивной нагрузки (группа 4). Выполнение методики МИРР, направленной на рефлексию (даже в случае высокого уровня тревожности), приводит к значительно меньшему развитию когнитивного утомления. Основные сдвиги связаны с увеличением мощности нижнего альфа-ритма, ассоциированного с процессами внимания.

Мы можем сделать вывод о подтверждении выдвинутой нами гипотезы о том, что в зависимости от уровня тревожности рефлексия может по-разному отражаться на динамике электрофизиологической активности мозга. Кроме того, рефлексия, имеющая положительную направленность, имеет важное терапевтическое значение для снижения уровня тревожности, благодаря активации СПРРМ – сети мозга, которая характеризуется отсутствием связанной активации у людей с высоким уровнем тревожности.

Литература

- Базанова, О.М. (2011). Современная интерпретация альфа-активности ЭЭГ. *Международный Неврологический Журнал*, 46(8), 96–104.
- Балиоз, Н.В. (2012). Индивидуально-типологические особенности ЭЭГ спортсменов при остром гипоксическом воздействии. *Физиология Человека*, 38(5), 24.
- Быховец, Ю. В., Падун, М. А. (2019). Личностная тревожность и регуляция эмоций в контексте изучения посттравматического стресса. *Клиническая и специальная психология*, 8(1), 78–89. <https://doi.org/10.17759/psyclin.2019080105>

- Выготский, Л. С. (1982). Мышление и речь. Собрание сочинений: В 6-ти т. Т. 2. Проблемы общей психологии. В. В. Давыдов (ред.). Педагогика.
- Выготский, Л. С. (1984). Орудие и знак в развитии ребенка. Собрание сочинений: В 6-ти т. Т. 6. Научное наследство. М. Г. Ярошевский (ред.). Педагогика.
- Грехов, Р. А., Сулейманова, Г. П., Адамович, Е. И. (2017). Роль тревоги в психофизиологии стресса. *Вестник ВолГУ. Серия 11, Естественные науки*, 7(1), 57–66. <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2017.1.7>
- Зинченко, В. П., Мещеряков, Б. Г. (2008). Большой психологический словарь. В. П. Зинченко, Б. Г. Мещеряков (ред.). СПб.
- Карпов, А. В. (2012). Рефлективная детерминация деятельности и личности. М.: РАО, 476 с.
- Карпов, А. В. (2018). Метасистемная организация индивидуальных качеств личности. Ярославль: ЯрГУ, 744 с.
- Лысенко, В. М. (2022). Оценка стрессоустойчивости и уровня тревоги в зависимости от типа личности. *Инновационные механизмы решения проблем научного развития: сборник статей Международной научно-практической конференции. OMEGA SCIENCE*, 143-147.
- Маслова, Т. М., Показкая, А. В. (2019). Тревожность личности как фактор развития стрессоустойчивости. *Азимут научных исследований: педагогика и психология*, 8(2(27)), 352–354.
- Сизикова Т. Э. (2018). *Рефлективное психологическое консультирование*. Изд-во НГПУ.
- Сизикова, Т. Э. (2018). Мета-модель рефлексии в рамках мета-онтологии. *Сибирский психологический журнал*, 68, 6–31. <https://doi.org/10.17223/17267080/66/1>
- Сизикова, Т. Э., Кудрявцев, В. Т. (2023). Схема теории Льва Выготского. Часть 2. *Культурно-историческая психология*, 19(3), 23–29. <https://doi.org/10.17759/chp.2023190303>
- Сизикова, Т. Э., Леонов, С. В., Поликанова, И. С. (2024). Свободное действие и его психофизиологические корреляты. *Культурно-историческая психология*, 20(2), 15–22.
- Сизикова, Т. Э., Кудрявцев, В. Т. (2023). Схема теории Льва Выготского. Часть I. *Культурно-историческая психология*, 19(2), 9–17. <https://doi.org/10.17759/chp.2023190202>
- Сизикова, Т. Э., Леонов, С. В., Поликанова, И. С. (2024). Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы в задаче на рефлексии при разных уровнях тревожности. *Экспериментальная психология (в печати)*.
- Спилбергер, Ч. Д., Ханин, Ю. Л. (2000). Шкала оценки уровня реактивной и личностной тревожности. *Психологические Тесты*, 1, 39–45.
- Ясько, Б. А., Скрипниченко, Л. С., Стриханов, С. Н., Тедорадзе, Д. Д. (2023). Личностные предикторы стрессоустойчивости медицинских работников. *Российский психологический журнал*, 20(2), 169–184. <https://doi.org/10.21702/rpj.2023.2.11>
- Abraham, A., Kaufmann, C., Redlich, R., Hermann, A., Stark, R., Stevens, S., & Hermann, C. (2013). Self-referential and anxiety-relevant information processing in subclinical social anxiety: An fMRI study. *Brain Imaging and Behavior*, 7(1), 35–48. <https://doi.org/10.1007/s11682-012-9188-x>
- Aftanas, L. I., & Golocheikine, S. A. (2001). Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: High-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, 310(1), 57–60. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02094-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02094-8)
- Aftanas, L. I., Varlamov, A. A., Pavlov, S. V., Makhnev, V. P., & Reva, N. V. (2001). Affective picture processing: Event-related synchronization within individually defined human theta band is modulated by valence dimension. *Neuroscience Letters*, 303(2), 115–118. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)01703-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)01703-7)

- Araujo, H. F., Kaplan, J., & Damasio, A. (2013). Cortical Midline Structures and Autobiographical-Self Processes: An Activation-Likelihood Estimation Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00548>
- Asada, H., Fukuda, Y., Tsunoda, S., Yamaguchi, M., & Tonoike, M. (1999). Frontal midline theta rhythms reflect alternative activation of prefrontal cortex and anterior cingulate cortex in humans. *Neuroscience Letters*, 274(1), 29–32. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(99\)00679-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(99)00679-5)
- Bastiaansen, M. C. M., Van Berkum, J. J. A., & Hagoort, P. (2002). Event-related theta power increases in the human EEG during online sentence processing. *Neuroscience Letters*, 323(1), 13–16. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)02535-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(01)02535-6)
- Bastiaansen, M., & Hagoort, P. (2006). Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension. In *Progress in Brain Research* (Vol. 159, pp. 179–196). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)59012-0](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(06)59012-0)
- Beer, J. S., Lombardo, M. V., & Bhanji, J. P. (2010). Roles of Medial Prefrontal Cortex and Orbitofrontal Cortex in Self-evaluation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(9), 9. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21359>
- Benedek, M., Schickel, R. J., Jauk, E., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2014). Alpha power increases in right parietal cortex reflects focused internal attention. *Neuropsychologia*, 56, 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.02.010>
- Cummins, T. D. R., & Finnigan, S. (2007). Theta power is reduced in healthy cognitive aging. *International Journal of Psychophysiology*, 66(1), 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.05.008>
- D'Argembeau, A., Ruby, P., Collette, F., Degueldre, C., Baetens, E., Luxen, A., Maquet, P., & Salmon, E. (2007). Distinct Regions of the Medial Prefrontal Cortex Are Associated with Self-referential Processing and Perspective Taking. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(6), Article 6. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.6.935>
- Damoiseaux, J. S., Rombouts, S. A. R. B., Barkhof, F., Scheltens, P., Stam, C. J., Smith, S. M., & Beckmann, C. F. (2006). Consistent resting-state networks across healthy subjects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13848–13853. <https://doi.org/10.1073/pnas.0601417103>
- Doppelmayr, M., Finkenzeller, T., & Sauseng, P. (2008). Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting: Differences between experts and novices. *Neuropsychologia*, 46(5), 1463–1467. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.12.026>
- Doppelmayr, M., Klimesch, W., Stadler, W., Pöllhuber, D., & Heine, C. (2002). EEG alpha power and intelligence. *Intelligence*, 30(3), 289–302. [https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(01\)00101-5](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00101-5)
- Fossati, P., Hevenor, S. J., Lepage, M., Graham, S. J., Grady, C., Keightley, M. L., Craik, F., & Mayberg, H. (2004). Distributed self in episodic memory: Neural correlates of successful retrieval of self-encoded positive and negative personality traits. *NeuroImage*, 22(4), 1596–1604. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.03.034>
- Fox, M. D., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Corbetta, M., Van Essen, D. C., & Raichle, M. E. (2005). The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(27), 9673–9678. <https://doi.org/10.1073/pnas.0504136102>
- Fransson, P. (2005). Spontaneous low-frequency BOLD signal fluctuations: An fMRI investigation of the resting-state default mode of brain function hypothesis. *Human Brain Mapping*, 26(1), 15–29. <https://doi.org/10.1002/hbm.20113>
- Hu, C., Di, X., Eickhoff, S. B., Zhang, M., Peng, K., Guo, H., & Sui, J. (2016). Distinct and common aspects of physical and psychological self-representation in the brain: A meta-analysis of self-bias in facial and self-referential judgements. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 61, 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.12.003>

- Imperatori, C., Farina, B., Adenzato, M., Valenti, E. M., Murgia, C., Marca, G. D., Brunetti, R., Fontana, E., & Ardito, R. B. (2019). Default mode network alterations in individuals with high-trait-anxiety: An EEG functional connectivity study. *Journal of Affective Disorders*, 246, 611–618. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.12.071>
- Jenkins, A. C., & Mitchell, J. P. (2011). Medial prefrontal cortex subserves diverse forms of self-reflection. *Social Neuroscience*, 6(3), 211–218. <https://doi.org/10.1080/17470919.2010.507948>
- Kim, K., & Johnson, M. K. (2015). Activity in ventromedial prefrontal cortex during self-related processing: Positive subjective value or personal significance? *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(4), 4. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu078>
- Kircher, T. T. J., Brammer, M., Bullmore, E., Simmons, A., Bartels, M., & David, A. S. (2002). The neural correlates of intentional and incidental self processing. *Neuropsychologia*, 40(6), 6. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00138-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00138-5)
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2–3), 169–195. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00056-3)
- Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(12), 606–617. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.007>
- Knyazev, G. G. (2013). EEG Correlates of Self-Referential Processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00264>
- Kuiken, D., & Mathews, J. (1986). EEG and Facial EMG Changes during Self-Reflection with Affective Imagery. *Imagination, Cognition and Personality*, 6(1), 55–66. <https://doi.org/10.2190/933R-0QV9-KH9Y-MQ4N>
- Michels, L., Lüchinger, R., Koenig, T., Martin, E., & Brandeis, D. (2012). Developmental Changes of BOLD Signal Correlations with Global Human EEG Power and Synchronization during Working Memory. *PLoS ONE*, 7(7), e39447. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039447>
- Morin, A. (2007). Self-Awareness and the Left Hemisphere: The Dark Side of Selectively Reviewing the Literature. *Cortex*, 43(8), 8. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70704-4](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70704-4)
- Mu, Y., & Han, S. (2010). Neural oscillations involved in self-referential processing. *NeuroImage*, 53(2), Article 2. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.07.008>
- Ochsner, K. N., Beer, J. S., Robertson, E. R., Cooper, J. C., Gabrieli, J. D. E., Kihlstrom, J. F., & D'Esposito, M. (2005). The neural correlates of direct and reflected self-knowledge. *NeuroImage*, 28(4), 4. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.06.069>
- Perry, A., Stein, L., & Bentin, S. (2011). Motor and attentional mechanisms involved in social interaction—Evidence from mu and alpha EEG suppression. *NeuroImage*, 58(3), 895–904. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.060>
- Pfeifer, J. H., Masten, C. L., Borofsky, L. A., Dapretto, M., Fuligni, A. J., & Lieberman, M. D. (2009). Neural Correlates of Direct and Reflected Self-Appraisals in Adolescents and Adults: When Social Perspective-Taking Informs Self-Perception. *Child Development*, 80(4), 1016–1038. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01314.x>
- Polikanova, I. S., & Leonov, S. V. (2016). Psychophysiological and molecular genetic correlates of fatigue. *Journal of Modern Foreign Psychology*, 5(4), 24–35. <https://doi.org/10.17759/jmfp.2016050403>
- Ray, W. J., & Cole, H. W. (1985). EEG Alpha Activity Reflects Attentional Demands, and Beta Activity Reflects Emotional and Cognitive Processes. *Science*, 228(4700), 750–752. <https://doi.org/10.1126/science.3992243>
- Salvador, C. E., Kraus, B. T., Ackerman, J. M., Gelfand, M. J., & Kitayama, S. (2020). Interdependent self-construal predicts reduced sensitivity to norms under pathogen threat: An electrocortical investigation. *Biological Psychology*, 157, 107970. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107970>

- Saviola, F., Pappaianni, E., Monti, A., Grecucci, A., Jovicich, J., & De Pisapia, N. (2020). Trait and state anxiety are mapped differently in the human brain. *Scientific Reports*, 10(1), 11112. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68008-z>
- Sebastian, C., Burnett, S., & Blakemore, S.-J. (2008). Development of the self-concept during adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 441–446. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.008>
- Shi, Z., Zhou, A., Liu, P., Zhang, P., & Han, W. (2011a). An EEG study on the effect of self-relevant possessive pronoun: Self-referential content and first-person perspective. *Neuroscience Letters*, 494(2), 2. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.03.007>
- Sizikova, T. (2019). Polymodality of reflection: triangular relations between modalities. *Book of Abstracts: XVI European Congress of Psychology (ECP 2019) (2–5 July, 2019, Lomonosov Moscow State University, Moscow)*. Moscow University Press.
- Sizikova, T., Durachenko, O. (2020) "Curve mirror" and the authenticity of reflection: the third row of a triangular network of modalities. *European Science Review*, 5-6, 49–60.
- Sizikova, T., Durachenko, O. (2020). Polymodality of reflection: triangular relations between modalities. *European Science Review*, 5-6, 40–48.
- Somerville, L. H., Jones, R. M., Ruberry, E. J., Dyke, J. P., Glover, G., & Casey, B. J. (2013). The Medial Prefrontal Cortex and the Emergence of Self-Conscious Emotion in Adolescence. *Psychological Science*, 24(8), 1554–1562. <https://doi.org/10.1177/0956797613475633>
- Spreng, R. N., & Grady, C. L. (2010). Patterns of Brain Activity Supporting Autobiographical Memory, Propection, and Theory of Mind, and Their Relationship to the Default Mode Network. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(6), 1112–1123. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21282>
- Thatcher, R. W., North, D. M., & Biver, C. J. (2008). Intelligence and EEG phase reset: A two compartmental model of phase shift and lock. *NeuroImage*, 42(4), 1639–1653. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.06.009>
- Tracy, A., Jopling, E., & LeMoult, J. (2021). The effect of self-referential processing on anxiety in response to naturalistic and laboratory stressors. *Cognition and Emotion*, 35(7), 1320–1333. <https://doi.org/10.1080/02699931.2021.1951675>
- Wang, C., Wang, Y., Lau, W. K. W., Wei, X., Feng, X., Zhang, C., Liu, Y., Huang, R., & Zhang, R. (2021). Anomalous static and dynamic functional connectivity of amygdala subregions in individuals with high trait anxiety. *Depression and Anxiety*, 38(8), 860–873. <https://doi.org/10.1002/da.23195>
- Xu, J., Van Dam, N. T., Feng, C., Luo, Y., Ai, H., Gu, R., & Xu, P. (2019). Anxious brain networks: A coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis of resting-state functional connectivity studies in anxiety. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 96, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.11.005>

Поступила в редакцию: 22.05.2024

Поступила после рецензирования: 12.08.2024

Принята к публикации: 19.08.2024

Заявленный вклад авторов

Татьяна Эдуардовна Сизикова – методология исследования, рецензирование и редактирование статьи, окончательное утверждение версии для публикации.

Сергей Владимирович Леонов – методология исследования, окончательное утверждение версии для публикации.

Ирина Сергеевна Поликанова – анализ литературы, подготовка первичной версии статьи, рецензирование и редактирование статьи, окончательное утверждение версии для публикации.

Информация об авторах

Татьяна Эдуардовна Сизикова – кандидат психологических наук, доцент, кафедра коррекционной психологии и педагогики, Институт детства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», г. Новосибирск, Российская Федерация; WoS Researcher ID: KLY-9003-2024, Scopus ID: 55793802500, РИНЦ AuthorID: 435125; SPIN-код РИНЦ: 3182-8166; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7889-2043>; e-mail: tat@ccru.ru

Сергей Владимирович Леонов – кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, лаборатория психологии детства и цифровой социализации, ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований», г. Москва, Российская Федерация; WoS Researcher ID: I-8368-2012; Scopus Author ID 58342582700; РИНЦ AuthorID: 241123; SPIN-код РИНЦ: 2840-1360; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>; e-mail: svleonov@gmail.com

Ирина Сергеевна Поликанова – кандидат психологических наук, руководитель Лаборатории конвергентных исследований когнитивных процессов ФНЦ ПМИ, г. Москва, Российская Федерация; Web of Science ResearcherID I-8857-2012; Scopus Author ID: 88572012; РИНЦ AuthorID: 786645; SPIN-код РИНЦ: 5818-5573; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>; e-mail: irinapolikanova@mail.ru

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.