

Зрительные вызванные потенциалы на сигнал совершить саккаду и функциональная связанность сетей головного мозга в покое при клинически высоком риске психоза

Джем А.П.¹, Паникратова Я.Р.¹, Павлов А.В.², Омельченко М.А.¹, Каледа В.Г.¹, Славуцкая М.В.^{1,2}, Лебедева И.С.¹

¹Научный центр психического здоровья, Москва, Россия

²Московский государственный университет, Россия

Оригинальная статья

Резюме. Цель работы. Исследование особенностей мозгового обеспечения процессов зрительного внимания и произвольных движений глаз у пациентов с клинически высоким риском психоза (КВР). **Материалы и методы.** В исследовании применялась задача «саккады/антисаккады по памяти» с регистрацией электроэнцефалограммы и электроокулограммы пациентов с КВР (n = 16) и психически здоровых участников (n = 20). Оценивались поведенческие параметры (количество ошибок и латентность саккад и антисаккад), а также амплитуда и латентность пиков зрительных вызванных потенциалов (ВП) на сигнал совершить саккаду. Часть пациентов (n = 12) и другая контрольная группа (n = 17) также прошли обследование методом фМРТ покоя; анализировалась функциональная связанность (ФС) внутри и между тремя сетями: дорсальная сеть внимания, сеть определения значимости и зрительная сеть. **Результаты.** Участники из группы КВР совершали антисаккады с большим латентным периодом, однако по параметрам ВП не было обнаружено межгрупповых различий. В группе КВР была обнаружена повышенная ФС сети определения значимости со зрительной сетью и дорсальной сетью внимания. Самый латентный период антисаккад был ассоциирован с большей ФС между передней поясной корой и медиальной затылочной корой, однако данный результат не прошел поправку на множественные тестирования. **Заключение.** По результатам анализа данных ЭЭГ в исследованной группе КВР не было обнаружено признаков дефицита нейрофизиологических процессов, ассоциируемых с ранними и промежуточными компонентами зрительных ВП. Обнаруженные в группе КВР особенности ФС могут отражать компенсаторные процессы, однако результаты корреляционного анализа не позволили на данном этапе подтвердить наличие ассоциаций ФС с поведенческими характеристиками выполнения задачи «саккады/антисаккады по памяти».

Ключевые слова: зрительные вызванные потенциалы, саккады/антисаккады по памяти, клинически высокий риск психоза, фМРТ покоя, функциональная связанность.

Информация об авторах

Джем Анастасия Павловна* — e-mail: nprjam@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-5266-6151>

Паникратова Яна Романовна — e-mail: panikratova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5698-4251>

Павлов Александр Владимирович — e-mail: alexandersun121@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6674-4171>

Омельченко Мария Анатольевна — e-mail: omelchenko-ma@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8343-168X>

Каледа Василий Глебович — e-mail: kaleda-vg@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1209-1443>

Славуцкая Мария Валерьевна — e-mail: mvslav@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1548-758X>

Лебедева Ирина Сергеевна — e-mail: lebedeva-i@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0649-6663>

Как цитировать: Джем А.П., Паникратова Я.Р., Павлов А.В., Омельченко М.А., Каледа В.Г., Славуцкая М.В., Лебедева И.С. Зрительные вызванные потенциалы на сигнал совершить саккаду и функциональная связанность сетей головного мозга в покое при клинически высоком риске психоза. *Обозрение психиатрии и медицинской психологии им. В.М. Бехтерева*. 2026; 60:2:96-108. <http://doi.org/10.31363/2313-7053-2026-2-1140>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124020700033-6).

Автор, ответственный за переписку: Джем Анастасия Павловна — e-mail: nprjam@mail.ru

Corresponding author: Anastasiia P. Dzhem — e-mail: nprjam@mail.ru

© Джем А.П., Паникратова Я.Р., Павлов А.В., Омельченко М.А., Каледа В.Г., Славуцкая М.В., Лебедева И.С.



Visual evoked potentials to the cue to perform a saccade and resting-state functional connectivity of brain networks in subjects at clinical high risk for psychosis

Anastasiia P. Dzhem¹, Yana R. Panikratova¹, Alexandr V. Pavlov², Maria A. Omelchenko¹, Vasilii G. Kaleda¹,
Maria V. Slavutskaya^{1,2}, Irina S. Lebedeva¹
¹Mental Health Research Center, Moscow, Russia
²Moscow State University, Moscow, Russia

Research article

Summary. Objectives. This study aimed to analyze the neural mechanisms of visual attention and voluntary eye movements in subjects at clinical high risk for psychosis (CHR). **Materials and methods.** We applied a «memory-guided saccades/antisaccades» task with electroencephalogram and electrooculogram recording in CHR (n = 16) and mentally healthy participants (n = 20). Behavioral parameters (latency of saccades and antisaccades and number of errors), as well as peak amplitude and latency of visual evoked potentials (EP) to the cue to perform a saccade were assessed. A part of patients (n = 12) and another control group (n = 17) underwent resting-state fMRI; functional connectivity (FC) was analyzed within and between three networks, namely the dorsal attention, salience, and visual networks. **Results.** CHR participants performed antisaccades with longer latency but no between-group differences were found in EP parameters. CHR group showed an increased FC of the salience network with visual and dorsal attention networks. Shorter antisaccade latency was associated with higher FC between the anterior cingulate cortex and medial occipital cortex. However, this result did not survive the correction for multiple comparisons. **Conclusion.** EEG analysis revealed no evidence of deficits in neurophysiological processes associated with early and intermediate visual EP components in the CHR group. The observed FC features in CHR might reflect compensatory processes, although the results of correlation analysis did not allow us to confirm associations between the FC and performance on a «memory-guided saccades/antisaccades» task at this stage.

Key words: visual evoked potentials, memory-guided saccades/antisaccades, clinical high risk for psychosis, resting-state fMRI, functional connectivity.

Information about the authors:

Anastasiia P. Dzhem* — e-mail: npjam@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-5266-6151>
Yana R. Panikratova — e-mail: panikratova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5698-4251>
Alexandr V. Pavlov — e-mail: alexandersun121@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6674-4171>
Maria A. Omelchenko — e-mail: omelchenko-ma@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8343-168X>
Vasilii G. Kaleda — e-mail: kaleda-vg@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1209-1443>
Maria V. Slavutskaya — e-mail: mvslav@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1548-758X>
Irina S. Lebedeva — e-mail: lebedeva-i@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0649-6663>

To cite this article: Dzhem AP, Panikratova YR, Pavlov AV, Omelchenko MA, Kaleda VG, Slavutskaya MV, Lebedeva IS. Visual evoked potentials to the cue to perform a saccade and resting-state functional connectivity of brain networks in subjects at clinical high risk for psychosis. *V.M. Bekhterev review of psychiatry and medical psychology*. 2026; 60:2:96-108. <http://doi.org/10.31363/2313-7053-2026-2-1140>. (In Russ.)

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 124020700033-6).

Концепция клинически высокого риска психоза (КВР), впервые сформулированная почти 30 лет назад [50], предполагает, что по совокупности клинико-биологических признаков возможно выявить повышенную вероятность будущей манифестации психоза на раннем этапе [18]. Однако, несмотря на длительную историю исследований, всё ещё остаются открытыми вопросы о нейробиологических особенностях данного состояния и физиологических механизмах, лежащих в основе нарушений и компенсаторных процессов, наблюдаемых при КВР. Изучение этих механизмов может представить новые возможности для раннего вмешательства и предотвращения манифестации психоза.

Известно, что при КВР, как и при шизофрении, наблюдаются аномалии произвольных саккад, в т.ч. антисаккад — увеличение латентного периода (ЛП) и количества ошибок [8, 22, 32]. Задачи, включающие выполнение произвольных движений глаз, являются широко используемой в нейрофизиологических исследованиях моделью, позволяющей анализировать особенности произвольного зрительного внимания и такие компоненты управляющих функций, как отторжение (inhibition) нерелевантных инструкций ответов и рабочая память (working memory); в случае выполнения движений глаз по памяти) [30, 42, 47]. Для шизофрении также характерны изменения параметров зрительных вызванных по-

тенциалов (ВП), причём величина этих изменений не коррелирует с длительностью заболевания [43, 49], что позволяет предположить, что они могут наблюдаться и на доманифестном этапе. Однако особенности параметров зрительных ВП в различных парадигмах при КВР остаются малоизученными [33, 34, 45]. В этом контексте, запланированное нами исследование параметров ранних и промежуточных компонентов зрительных ВП на сигнал совершить саккаду в сочетании с анализом поведенческих параметров выполнения задачи может позволить оценить наличие и степень выраженности нарушений на разных этапах восприятия и обработки императивного стимула, таких как дефицит ранней сенсорной обработки стимула, на который направлено внимание, нарушения отторгивания или принятия решения у пациентов с КВР.

Кроме того, нарушения процессов зрительного внимания в целом и механизмов произвольных движений глаз в частности могут быть ассоциированы с изменением функциональной связанности (ФС) сетей головного мозга, выявляемых по данным функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ). Релевантными в данном контексте сетями могут быть дорсальная сеть внимания (dorsal attention network), сеть определения значимости (salience network) и зрительная сеть (visual network). Дорсальная сеть внимания играет ключевую роль в процессах нисходящей регуляции внимания, при которых оно произвольно направляется в определенную часть зрительного поля в соответствии с текущей задачей [44]. Сеть определения значимости вовлечена в процессы обнаружения новых значимых внешних стимулов для контроля выполнения задачи и переключения между задачами [19, 53]. Компоненты данных сетей участвуют в задачах, предполагающих выполнение саккад или антисаккад, в том числе по памяти [10, 13, 36]. Зрительная сеть, в свою очередь, осуществляет кодирование и хранение репрезентаций зрительных стимулов, в том числе обозначающих необходимое направление саккад [36]. ФС в рамках данных сетей может быть оценена не только при выполнении задачи, но и в состоянии покоя. Обнаруженные в этом случае особенности, предположительно, характеризуют так называемую «внутреннюю» функциональную архитектуру мозга, релевантную для процессов зрительного внимания в целом, в отличие от интеграции областей головного мозга для решения конкретной задачи, предложенной исследователем.

Таким образом, целью данной работы стало определение особенностей мозгового обеспечения процессов зрительного внимания у пациентов с КВР посредством анализа компонентов зрительных ВП на сигнал совершить саккаду по памяти, ФС в покое внутри трех вышеуказанных функциональных сетей мозга и между ними, а также межуровневых корреляций между показателями, по которым пациенты отличались от здоровых участников.

Материалы и методы

Участники исследования. Данное исследование было выполнено на части выборки из предыдущей работы нашей исследовательской группы [4]. Четыре участника из группы КВР были исключены из анализа в связи с низким качеством записей электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в анализируемом интервале. Финальная выборка, для которой были доступны данные ЭЭГ, включала 16 пациентов с КВР (средний возраст 20.31 ± 0.46 года) и 20 психически здоровых испытуемых (21.90 ± 0.40 года). Группы различались по возрасту ($t(34) = 2.593, p = 0.014$), поэтому при статистическом анализе возраст был включен в модель в качестве ковариаты. Все участники были мужчинами с ведущей правой рукой и нормальной или скорректированной до нормальной остротой зрения без тяжёлых соматических или неврологических заболеваний в анамнезе.

Включение участников в группу КВР было основано на международных стандартах и критериях, разрабатываемых в ФГБНУ НЦПЗ¹ [3, 6, 28, 48]. В исследовании участвовали пациенты в возрасте от 17 до 25 лет, обратившиеся к психиатру с текущим депрессивным состоянием, развившимся в рамках следующих нозологий по МКБ-10: F32, F34, F21, F31. Включение в группу КВР осуществлялось согласно данным психометрического тестирования по шкале SOPS (Scale of Prodromal Symptoms) в соответствии со следующими критериями¹:

1. Наличие аттенуированных позитивных симптомов: 3 и более баллов по крайней мере по одному из пунктов подшкалы позитивных симптомов (P1 — Необычное содержание мыслей/бредовые мысли, P2 — Подозрительность/идеи преследования и/или P4 — Перцептивные расстройства/галлюцинации).
2. Наличие аттенуированных негативных симптомов: 5 и более баллов по крайней мере по одному из пунктов подшкалы негативных симптомов (N1 — Социальная изоляция и избегание, N2 — Самоустранение, N3 — Уменьшение эмоциональной экспрессии, N4 — Уменьшение эмоциональной чувствительности, N5 — Ослабление идеаторной активности, N6 — Нарушения в ролевом функционировании).
3. Наличие симптомов дезорганизации: 3 и более баллов по крайней мере по одному из пунктов подшкалы симптомов дезорганизации (D1 — Странное поведение и явления и D2 — Причудливое мышление).

Критериями исключения из группы КВР являлись наличие психотических приступов, орга-

¹ Омельченко М.А., 2021. Аттенуированные симптомы шизофрении при юношеских депрессиях (клинико-психопатологические, патогенетические и прогностические аспекты): диссертация ... докт.мед.наук (14.01.06). Москва.

Omelchenko M.A., 2021. Attenuirovannye simptomyy shizofrenii pri yunosheskih depressiyah (kliniko-psihopatologicheskie, patogeneticheskie i prognosticheskie aspekty): dissertatsiya ... dokt.med.nauk (14.01.06). Moskva.

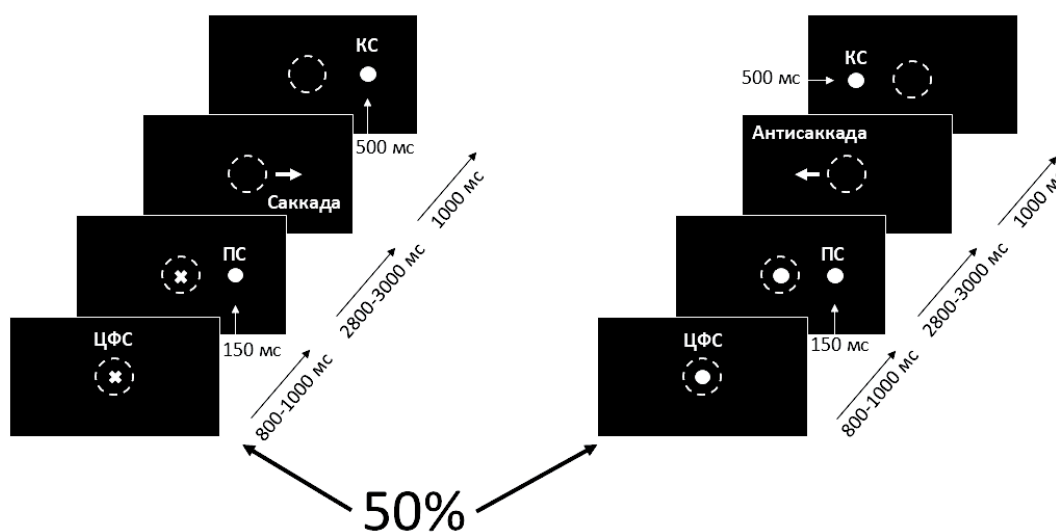


Рис. 1. Схема предъявления стимулов. ЦФС — центральный фиксационный стимул, ПС — периферический стимул, КС — корректирующий стимул
 Fig. 1. Scheme of stimuli presentation. CFS — central fixation stimulus, PS — peripheral stimulus, CS — corrective stimulus

нических психических расстройств, нарушений психического развития, алкоголизма, наркомании.

Общая длительность заболевания составила 48.1 ± 4.2 месяца. Все пациенты до момента настоящей госпитализации не получали полноценного курса психофармакотерапии. Текущая терапия проводилась с применением антидепрессантов в средней суточной дозе в пересчете по флуоксетину эквиваленту 33.0 ± 5.2 мг и антипсихотиков в средней суточной дозе в пересчете по хлорпромазину эквиваленту 463.8 ± 55.0 мг. Пациенты принимали участие в исследовании во время становления ремиссии перед выпиской из клиники.

Все участники исследования подписали информированное добровольное согласие. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБНУ НЦПЗ г. Москвы (№923 от 04.06.2024) и биоэтической комиссией биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (протокол №160-д-з от 21.03.2024).

Данные магнитно-резонансной томографии (МРТ) были доступны для 12 пациентов (средний возраст 20.50 ± 0.61 лет), временной промежуток между сбором данных ЭЭГ и МРТ в среднем составил 9.33 ± 2.47 дней. Поскольку для здоровых участников, прошедших ЭЭГ/ЭОГ обследование, не были собраны МРТ-данные, из имеющейся базы данных Лаборатории нейровизуализации и мультимодального анализа была подобрана другая группа здорового контроля ($n = 17$, все мужчины, средний возраст 20.59 ± 0.52 лет). Группы

не различались по возрасту ($t(27) = 0.110$, $p = 0.913$).

Задача «саккады/антисаккады по памяти». В исследовании применялась задача «саккады/антисаккады по памяти» (Рис.1).

В начале каждой пробы в центре экрана предъявлялся центральный фиксационный стимул (ЦФС) в виде кружка или крестика. Форма ЦФС кодировала тип движения глаз, который нужно будет совершить — саккаду или антисаккаду. При предъявлении периферического стимула (ПС) слева или справа от ЦФС участник должен был запомнить местоположение ПС, не переводя на него взгляд. Таким образом, зная местоположение ПС, участник должен был подготовиться совершить либо саккаду в ту же точку, либо антисаккаду в зеркальную точку зрительного поля. Сигналом совершить необходимое движение глаз служило выключение ЦФС после периода задержки. В конце каждой пробы предъявлялся корректирующий стимул (КС) в целевой точке. Для поддержания уровня внимания 10% проб не содержали ПС, в них участники должны были фиксировать взгляд на ЦФС на протяжении всей пробы. Каждый участник выполнил от 5 до 10 блоков, включающих по 50 проб, количество блоков определялось в зависимости от степени утомления участников. Между блоками по желанию предоставлялась возможность отдыха.

Регистрация ЭЭГ и ЭОГ. ЭЭГ регистрировали с помощью усилителя NVX-52 (Россия) и фикси-

рующей шапочки “MCScar-E” в 25 монополярных отведениях, расположенных по схеме 10-10%. В качестве референта использовали объединенный ушной электрод. Фильтр верхних частот (ФВЧ): 0.5 Гц, фильтр нижних частот (ФНЧ): 70 Гц, частота дискретизации: 512 Гц.

ЭОГ регистрировали биполярно, чашечковые неполяризуемые электроды диаметром 10 мм размещали с двух сторон от внешних краёв глазниц. ФВЧ: 0.05 Гц, ФНЧ: 70 Гц.

Обработка ЭЭГ и ЭОГ. Записи ЭОГ обрабатывали в оригинальной компьютерной программе Saccade Search, где оценивали ЛП саккад и количество ошибок. Ошибками считались движения глаз в направлении, не соответствующем инструкции, саккады до выключения ЦФС или саккады после предъявления КС. Обработку записей ЭЭГ проводили в *Conan Glue* и *Conan-m²*. Для выборочного усреднения использовали пробы, в которых ЛП саккад находился в интервале ± 20 –30 мс от медианы ЛП данного участника, таким образом, чтобы для каждого типа движений глаз каждого участника было выбрано в среднем по 25 записей для дальнейшего анализа. Записи усредняли на интервале ± 500 мс относительно выключения ЦФС, проводили фильтрацию усредненных записей с частотными границами 0.05–20 Гц. Изолинию устанавливали на отрезке 500 мс до выключения ЦФС. ВП выделяли в следующих интервалах: 70–170 мс (P1), 90–180 мс (N1), 175–250 мс (P2) и 180–350 мс (N2) после выключения ЦФС. Автоматически оценивались латентность пиков выделенных компонентов относительно выключения ЦФС и амплитуда от изолинии (в канале, в котором амплитуда компонента была максимальной у данного участника). Данные в разделе «Результаты» представлены в виде $M \pm SEM$, где M — среднее арифметическое по группе, SEM — стандартная ошибка среднего.

Статистический анализ поведенческих и ЭЭГ-данных. Статистическую обработку проводили в R (Росс Айхэка, Роберт Джентлмен, Новая Зеландия, версия 4.4.2; <https://www.r-project.org/>). Для межгрупповых сравнений применяли обобщенные линейные модели (функция *glm* (Generalized Linear Models) пакета *stats*). Для оценки эффекта взаимодействия факторов «группа» и «тип движения глаз» (саккады/антисаккады) на электрофизиологические и поведенческие показатели также применяли обобщенные линейные модели. Уровни значимости корректировали на множественные сравнения по методу FDR (False Discovery Rate, $q = 0.05$) с помощью функции *mt.rawp2adjp* пакета *multtest*. Корреляции отличающихся между группами поведенческих и электрофизиологических показателей с баллами по шкале SOPS (в группе КВР) оценивали с использованием функции *rscor*.

² Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика: учебное пособие. Москва: Издательство Форум, 2018.

Kulaichev A.P. Komp'yuternaya elektrofiziologiya i funktsional'naya diagnostika: uchebnoe posobie. Moskva: Izdatel'stvo Forum, 2018.

test пакета *rscor*. Показатель возраста был включен в анализ в качестве ковариаты.

Параметры получения данных МРТ. Обследование проводили на магнитно-резонансном томографе 3T Philips Ingenia в ФГБНУ НЦПЗ (Москва). Структурные T1-взвешенные изображения были получены с использованием последовательности турбо-полевого эхо (TFE): TR/TE/FA = 8 мс/4 мс/8°, 170 срезов, воксел $1 \times 1 \times 1$ мм. Функциональные T2*-взвешенные изображения были получены с помощью эхо-планарной (EPI) последовательности: TR/TE/FA = 3 с/35 мс/90°; 138 объемов, 35 срезов, матрица 128×128 , воксел $1.8 \times 1.8 \times 4$ мм. Во время функционального сканирования участников исследования просили фиксировать взгляд на белом кресте в центре серого поля монитора, избегать любой систематической мыслительной деятельности, лежать неподвижно и не засыпать. Дополнительно были получены изображения с противоположными направлениями фазового кодирования (anterior-posterior и posterior-anterior) с помощью спин-эхо последовательности (SEEP1) с параметрами: TR = 2.8 с; TE = 70 мс; FA = 90° и разметкой срезов, дублирующей разметку для функциональных изображений. На основе этих вспомогательных изображений на этапе обработки данных создавали карты однородности магнитного поля (fieldmap).

Предварительная обработка структурных и функциональных МРТ-изображений проводилась в пакетах SPM12 (<https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/>) и CONN 22.a (RRID:SCR_009550; [31]). Применялась стандартная последовательность процедур, включающая ориентирование изображений параллельно плоскости, проходящей через переднюю и заднюю комиссуры; поправку на неодновременность регистрации срезов; коррекцию метрических искажений за счет применения карт однородности магнитного поля и коррекцию артефактов движения; совмещение (коррегистрацию) структурных изображений с функциональными; сегментацию анатомических изображений на объеме серого, белого вещества и спинного-мозговой жидкости; пространственную нормализацию всех изображений (MNI); пространственное сглаживание функциональных изображений с использованием фильтра Гаусса (8 мм). Все вышеуказанные процедуры выполнялись в пакете SPM12. С использованием пакета CONN выявлялись объемы, являющиеся выбросами по движению головы (более 0.9 мм) или изменению глобального сигнала (более 5 стандартных отклонений; ART; [46]); устранение из анализа компонентов, потенциально связанных с шумом, с помощью линейной регрессии (denoising; стандартные настройки); применялся частотный фильтр 0.008–0.09 Гц. Количество объемов-выбросов в среднем составило 4.83 ± 2.46 для пациентов и 4.71 ± 2.42 для здоровых участников, межгрупповые отличия отсутствовали ($t(27) = 0.036$, $p = 0.97$).

Анализ первого уровня данных фМРТ. Для каждого испытуемого рассчитывалась ФС между каждой парой зон интереса (ROI-to-ROI analysis)

среди компонентов трех сетей: дорсальной сети внимания, сети определения значимости и зрительной сети (всего 15 зон интереса по атласу функциональных сетей НСР-ICA, встроенному в CONN [31]). ФС оценивалась с помощью коэффициентов корреляции с трансформацией Фишера.

Анализ данных фМРТ на уровне группы. С применением общей линейной модели со случайными эффектами оценивались межгрупповые различия по ФС между каждой парой зон интереса с учетом количества объемов-выбросов (ковариата) — строилась матрица, содержащая T-значения для каждой пары зон интереса. Дальнейший анализ проводился на уровне ФС внутри трех указанных сетей и между ними. Для вычисления пороговых значений с учетом групповой вероятности ошибки первого рода матрица T-значений анализировалась с использованием непараметрического метода TFCE (Threshold Free Cluster Enhancement, 1000 итераций рандомизации/перестановок [41]); значимые группы связей определялись на основании вычисленного порогового значения TFCE, связанного с вероятностью ложноположительных результатов $p\text{-FWE} < 0.05$.

Корреляционный анализ: данные фМРТ и поведенческие данные. В клинической группе проводился анализ корреляций различающихся между группами параметров ФС и поведенческих показателей. Для этого с использованием CONN Calculator строились общие линейные модели со случайными эффектами: множественная регрессия с поведенческим показателем и количеством объемов-выбросов в качестве независимых переменных и показателем ФС в качестве зависимой переменной. К статистическим порогам применялась поправка Бонферрони на множественные тесты.

Результаты

Статистически значимыми считались различия с уровнем значимости $p < 0.05$ после коррекции на множественные тесты.

Поведенческие данные. Пациенты с КВР совершали антисаккады с большим ЛП, по сравнению с группой нормы, в то время как межгрупповые различия по ЛП саккад и количеству ошибок не прошли коррекцию на множественные тесты (Табл.1). Для количества ошибок и ЛП не было обнаружено эффекта взаимодействия факторов «группа» и «тип движений глаз». Корреляций ЛП антисаккад с баллами по отдельным подшкалам SOPS и с суммарным баллом также не было обнаружено.

Параметры зрительных ВП. В интервале 500 мс после сигнала совершить саккаду нами были выделены четыре компонента зрительных ВП — P1, N1, P2 и N2 (Рис.2).

По амплитуде и латентности пиков компонентов зрительных ВП на сигнал совершить саккаду не было обнаружено межгрупповых различий (Табл.2).

Также не было обнаружено эффекта взаимодействия факторов «группа» и «тип движений глаз» для параметров пиков ВП.

Данные фМРТ. В клинической группе по сравнению с контрольной была выявлена повышенная ФС между сетью определения значимости и остальными сетями: зрительной сетью и дорсальной сетью внимания (два кластера связей). Конкретные компоненты сетей, между которыми наблюдались межгрупповые различия по ФС, приведены в Табл.3 и на Рис.3.

Меньший ЛП антисаккад был ассоциирован с большей ФС между передней поясной корой и медиальной затылочной корой ($T(9) = -2.38$; $p = 0.041$), однако данный результат не прошел поправку на множественные тестирования.

Обсуждение

ЛП антисаккад по памяти был выше в группе КВР, по сравнению с группой нормы, в то время как межгрупповые различия по ЛП саккад и количеству ошибок не прошли коррекцию на множественные тесты, в отличие от наших предыдущих исследований [1, 4]. Используемые

Таблица 1. Поведенческие параметры выполнения задачи «саккады/антисаккады по памяти» для пациентов с КВР и здоровых участников			
Table 1. Parameters of performance in the memory-guided saccades/antisaccades task in CHR and healthy participants			
	Норма (n=20)	КВР (n=16)	Межгрупповые различия
Ошибки (%)			
Саккады	5.8±0.9	12.3±1.3	t=2.8; p=0.086
Антисаккады	7.9±1.1	14.1±1.5	t=2.7; p=0.086
Латентный период (мс)			
Саккады	305.3±7.3	339.7±7.0	t=2.9; p=0.086
Антисаккады	303.5±5.7	344.9±6.9	t=4.2; p=0.006

Примечание: Приведены значения p, скорректированные на множественные тесты
Note: Given p-values are corrected for multiple comparisons

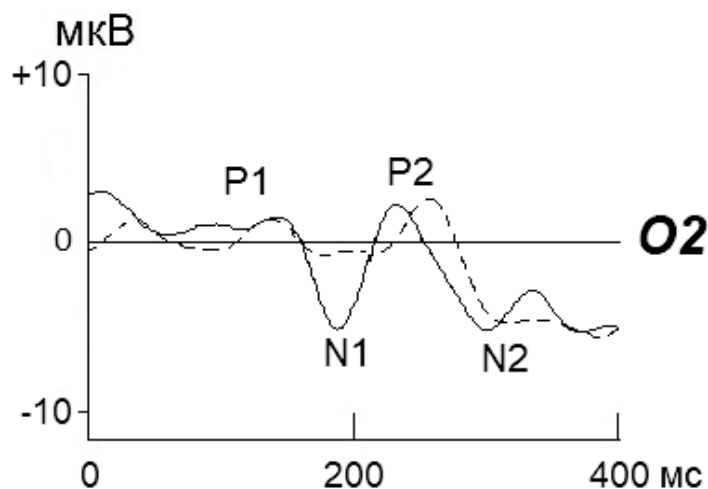


Рис. 2. Усреднённые зрительные вызванные потенциалы 16 пациентов с КВР (пунктирная линия) и 20 психически здоровых участников (сплошная линия) на выключение ЦФС перед саккадами на запомненный ПС слева
 Fig. 2. Averaged visual evoked potentials of 16 patients at CHR (dashed line) and 20 mentally healthy participants (solid line) to the CFS offset before saccades toward remembered left peripheral stimulus

Таблица 2. Параметры пиков зрительных ВП на сигнал совершить саккаду в группах КВР и нормы Table 2. Peak parameters of visual evoked potentials to the cue to perform a saccade in CHR and control groups						
Компонент зрительных ВП	Норма (n=20)		КВР (n=16)		Межгрупповые различия	
	Саккады	Антисаккады	Саккады	Антисаккады	Саккады	Антисаккады
Амплитуда пиков (мкВ)						
P1	9.4±0.8	9.4±0.9	9.8±1.0	10.8±1.2	t=0.8; p=0.779	t=0.2; p=0.934
N1	10.2±0.7	9.2±0.4	8.2±0.9	8.7±0.8	t=2.5; p=0.102	t=0.8; p=0.779
P2	10.3±0.8	9.6±0.8	10.0±0.8	10.7±1.3	t=0.8; p=0.779	t=0.1; p=0.934
N2	13.5±0.7	13.2±0.7	12.0±1.0	13.4±0.9	t=1.1; p=0.779	t=0.2; p=0.910
Латентность пиков (мс)						
P1	117.4±5.8	111.0±4.9	117.7±7.3	119.7±7.5	t=0.6; p=0.783	t=0.4; p=0.800
N1	147.9±6.2	148.5±5.4	160.0±6.5	143.0±6.2	t=1.1; p=0.779	t=0.4; p=0.809
P2	216.6±4.9	219.3±4.0	215.6±5.3	214.2±5.6	t=0.7; p=0.779	t=0.1; p=0.934
N2	270.3±12.1	304.5±7.6	297.9±13.6	292.4±11.5	t=1.8; p=0.358	t=0.6; p=0.783

Примечание: Приведены значения p, скорректированные на множественные тесты
 Note: Given p-values are corrected for multiple comparisons

выборки потенциально могут включать как пациентов, у которых в будущем манифестирует психоз, так и тех, кто достигнет частичной или полной ремиссии. Поскольку некоторые параметры движений глаз различаются у участников с дальнейшей манифестацией и без неё [51, 52], можно предположить, что изменение состава группы могло оказать влияние на соотношение числа участников с разной траекторией дальнейшего течения патологического процесса и,

соответственно, на величину и значимость анализируемых различий.

Нарушения антисаккад являются эндофенотипом шизофрении [12] и наблюдаются в том числе у пациентов с КВР: пациенты с КВР выполняют антисаккады с меньшей точностью [32], большим ЛП [27] и количеством ошибок [17, 32], в то время как их саккады по результатам разных исследований либо не отличаются от нормы [27], либо обладают меньшей точностью [32]. Таким обра-

Таблица 3. Компоненты сетей, ФС между которыми была повышена в клинической группе, по сравнению с контрольной (каждая строка соответствует связи между парой компонентов)
 Table 3. Network components characterized by an increased functional connectivity in clinical group compared to control group (each row corresponds to a connectivity between a pair of components)

n	Компонент сети определения значимости	Компонент другой сети	T (26)
Кластер 1 (TFCE = 46.65; p-FWE = 0.009)			
1	Передняя поясная кора	Медиальная затылочная кора (зрительная сеть)	4.35
2	Ростральная префронтальная кора левого полушария	Лобное глазодвигательное поле левого полушария (дорсальная сеть внимания)	3.50
3	Ростральная префронтальная кора правого полушария	Лобное глазодвигательное поле левого полушария (дорсальная сеть внимания)	2.77
4	Передний островок левого полушария	Лобное глазодвигательное поле левого полушария (дорсальная сеть внимания)	2.54
5	Ростральная префронтальная кора правого полушария	Медиальная затылочная кора (зрительная сеть)	2.34
6	Ростральная префронтальная кора левого полушария	Медиальная затылочная кора (зрительная сеть)	2.27
7	Передний островок левого полушария	Лобное глазодвигательное поле правого полушария (дорсальная сеть внимания)	2.25
Кластер 2 (TFCE = 30.10; p-FWE = 0.043)			
1	Надкраевая извилина правого полушария	Латеральная затылочная кора левого полушария (зрительная сеть)	3.43
2	Надкраевая извилина правого полушария	Латеральная затылочная кора правого полушария (зрительная сеть)	3.13

Примечание: в последнем столбце приведены значения T-статистики с количеством степеней свободы, равным 26 (для сопоставления величин межгрупповых различий для разных связей)

Note: the last column reports T-statistic values with degrees of freedom = 26 (for comparison of between-group differences across different connections)

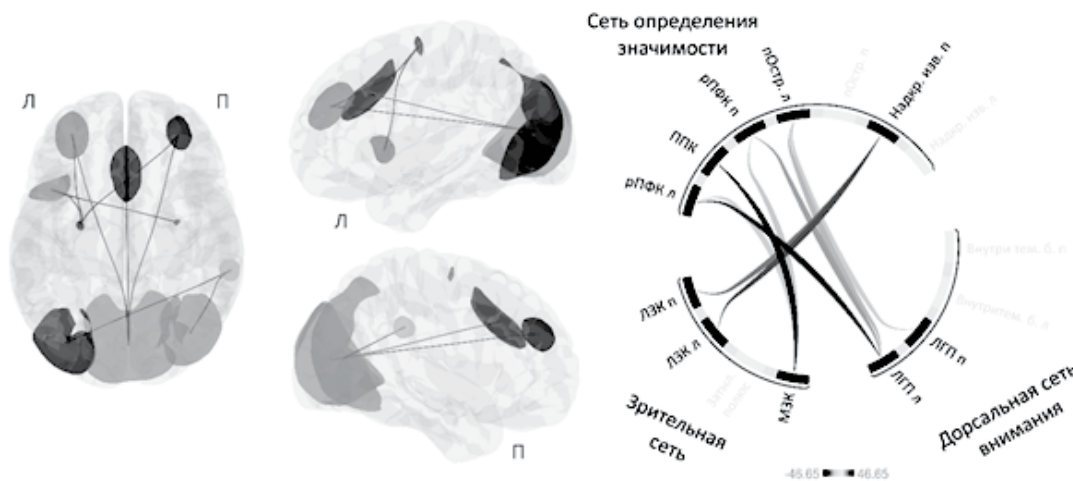


Рис. 3. Компоненты сетей, ФС между которыми была повышена в клинической группе, по сравнению с контрольной. Слева: анатомическое расположение указанных компонентов. Справа: кольцевая диаграмма связей между компонентами. МЗК — медиальная затылочная кора, ЛЗК (л/п) — латеральная затылочная кора (левого/правого полушария), рПФК (л/п) — ростральная префронтальная кора (левого/правого полушария), ППК — передняя поясная кора, пОстр. л — передний островок левого полушария, Надкр. изв. п — надкраевая извилина правого полушария, ЛГП (л/п) — лобное глазодвигательное поле (левого/правого полушария)

Fig. 3. Network components characterized by an increased functional connectivity in clinical group compared to control group. The anatomical locations of the components are shown on the left. A ring diagram of connections between components is shown on the right. MedOcc — medial occipital cortex, LatOcc (l/r) — (left/right) lateral occipital cortex, rPFC (l/r) — (left/right) rostral prefrontal cortex, ACC — anterior cingulate cortex, alnsula l — left anterior insula, SMG r — right supramarginal gyrus, FEF (l/r) — (left/right) frontal eye field

зом, накопленные данные и результаты данного исследования позволяют говорить о наличии в группе КВР определённых нарушений произвольных движений глаз, вероятно, более выраженных при выполнении антисаккад.

Нами не было обнаружено межгрупповых различий по амплитуде и латентности пиков компонентов зрительных ВП на сигнал совершить саккаду. Первые два компонента зрительных ВП (P1, N1) связывают с ранними сенсорными процессами и усилением обработки зрительных стимулов под действием направленного внимания [21, 25, 29]. Нейрофизиологическая роль зрительного компонента N2 всё ещё является предметом споров. В литературе этот компонент иногда рассматривается в качестве коррелята процессов классификации стимула [37]. Кроме того, компонент N2, предположительно, может отражать нисходящие процессы отторжения и/или обработки конфликта [16, 26], а также, как и компонент P2, процесс принятия решения [5, 39]. Отсутствие межгрупповых различий по параметрам зрительных ВП согласуется с данными исследований, проведенных с использованием других задач [33, 45], и указывает на возможную сохранность тестируемых нейрофизиологических процессов под действием направленного внимания при КВР.

По результатам анализа данных фМРТ покоя в группе КВР наблюдалась более высокая ФС сети определения значимости со зрительной сетью и дорсальной сетью внимания. Примечательным результатом является более высокая ФС между элементами сети определения значимости (ростральная префронтальная кора билатерально, передний островок левого полушария) и лобными глазодвигательными полями левого и правого полушарий — последние участвуют как в выполнении, так и в подготовке саккад и антисаккад [10]. Ростральная префронтальная кора считается областью мозга, важной для обеспечения рабочей памяти и распределения ресурсов внимания между несколькими задачами, а также участвующей в процессе принятия решения [9]. Передняя островковая кора как компонент сети определения значимости может быть связана с такими восходящими (bottom-up) процессами внимания, как обнаружение нового значимого в определенном контексте стимула [24] а также с детекцией допущенных ошибок [20].

Тем не менее, корреляций ФС между данными структурами с ЛП антисаккад — поведенческим показателем, различающимся между группами, — в нашей работе обнаружено не было. Данный поведенческий показатель, в свою очередь, был ассоциирован с ФС между передней поясной корой, одним из ключевых компонентов сети определения значимости, и медиальной затылочной корой — регионом, осуществляющим первичную, низкоуровневую обработку зрительной информации; однако корреляция не прошла поправку на множественные тестирования.

Направление различий в ФС (повышенная или сниженная по сравнению с контрольной груп-

пой) — так же, как и направление изменения активности мозга во время выполнения задачи — затруднительно интерпретировать однозначно само по себе. В случае анализа функциональных особенностей мозга при КВР повышенная ФС может как отражать патологическую дезорганизацию структуры сетей мозга³, так и быть связана с защитными или компенсаторными процессами.

При шизофрении наблюдаются изменения ФС между сетью определения значимости и другими сетями. Однако результаты работ, анализ в которых включал ФС между аналогичными тремя сетями, неоднородны: либо изменения ФС между анализируемыми нами тремя сетями отсутствуют [15, 23], либо наблюдается повышенная ФС между сетью определения значимости и дорсальной сетью внимания [38]. В исследовании Arkin et al. [7] с применением фМРТ, связанной с выполнением задачи зрительного поиска, и фМРТ покоя было показано, что дефицит обработки зрительной информации у пациентов с шизофренией может быть скомпенсирован связями зрительной коры с компонентами сетей, контролирующими внимание.

У пациентов с КВР более высокие показатели ФС между рядом сетей, включая сеть определения значимости и дорсальную сеть внимания, были ассоциированы с более высокой вероятностью положительного прогноза [11]. В нашем предыдущем исследовании [2] у пациентов с КВР, психоз у которых не манифестировал в течение длительного периода наблюдения, а также у здоровых участников была обнаружена более высокая ФС между элементами сети определения значимости и зрительной сетью по сравнению с пациентами с шизофренией.

Таким образом, данные литературы (а также косвенно — направление обнаруженной нами корреляции) указывают на то, что выявленные особенности ФС, скорее, отражают проявление компенсаторных процессов: например, дефицит зрительного внимания может в той или иной степени быть скомпенсирован за счет усиления ФС зрительных областей и регионов мозга, обеспечивающих произвольные движения глаз, с компонентами сети определения значимости.

Заключение

ЛП антисаккад в группе КВР был больше, по сравнению с контрольной группой. Тем не менее, нами не было обнаружено межгрупповых различий в параметрах компонентов зрительных ВП на сигнал совершить движение глаз.

В группе КВР также была выявлена повышенная ФС сети определения значимости со зрительной сетью и дорсальной сетью внимания, что может отражать проявление компенсаторных процессов. Результаты корреляционного анализа не позволяют на данном этапе подтвердить наличие ассоциаций обнаруженных особенностей ФС

³ Так, по мнению ряда авторов, нарушения в сети определения значимости могут играть ключевую роль для возникновения психотических симптомов [14, 35].

с поведенческими характеристиками выполнения задачи, предполагающей выполнение саккад и антисаккад по памяти.

Для дальнейшего исследования механизмов нарушений произвольных движений глаз при КВР целесообразным представляется увеличение размера выборки, что может снизить влияние гетерогенности данной группы на результаты. Включение в исследование группы пациентов с шизофренией для прямого сравнения с группой КВР может способствовать более точной интерпретации наблюдаемых различий в качестве патологических изменений или компенсаторных процессов. Кроме того, потенциально перспективным подходом может быть использование глазодвигательных задач с меньшей длительностью проб и/

или применение менее строгого метода их отбора, что позволит увеличить количество усредняемых проб и, следовательно, соотношение сигнал/шум в выделяемых ВП.

Новую информацию о механизмах нарушений произвольных движений глаз при КВР также может предоставить отдельный анализ ошибок разных типов и исследование ЭЭГ- и ВП-коррелятов управляющих функций в ошибочных пробах. Кроме того, представляется целесообразным сопоставление поведенческих и электрофизиологических показателей при выполнении саккад и антисаккад на зрительный стимул и по памяти. Также интерес представляет дополнение результатов исследования данными фМРТ, связанной с выполнением глазодвигательной задачи.

Литература / References

- Джем А.П., Павлов А.В., Томышев А.С., Омельченко М.А., Каледа В.Г., Славуцкая М.В., Лебедева И.С. Медленные негативные потенциалы, связанные с подготовкой саккад и антисаккад по памяти, в норме и при клинически высоком риске шизофрении. *Физиология человека*. 2025;51(3):28-39.
Dzheem AP, Pavlov AV, Tomyshev AS, Omelchenko MA, Kaleda VG, Slavutskaya MV, Lebedeva IS. Slow negative potentials associated with preparation period of memory-guided saccades and antisaccades in healthy individuals and subjects at clinical-high risk for schizophrenia. Fiziologiya cheloveka. 2025;51(3):28-39. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0131164625030034>
- Лебедева И.С., Паникратова Я.Р., Абдуллина Е.Г., Мигалина В.В., Тихонов Д.В., Омельченко М.А., Каледа В.Г. Нейровизуализационные (фМРТ покоя) и нейropsихологические особенности «неманифестировавших» пациентов из группы клинически высокого риска шизофрении. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2023;73(3):369-383.
Lebedeva IS, Panikratova YR, Abdullina EG, Migalina VV, Tikhonov DV, Omelchenko MA, Kaleda VG. Neuroimaging (Resting-state fMRI) and Neuropsychological Characteristics of Non-converters with Clinical High Risk for Psychosis. Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I.P. Pavlova. 2023;73(3):369-383. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0044467723030097>
- Омельченко М.А. Негативные симптомы на инициальном этапе шизофрении в юношеском возрасте (современные аспекты дифференциально-диагностической оценки и терапии). *Обзорение психиатрии и медицинской психологии имени В.М. Бехтерева*. 2019;(4-2):41-48.
Omelchenko MA. Negative symptoms at the prodromal stage of schizophrenia at a young age (current problems of diagnostics and treatment). Obozrenie psikiatrii i medicinskoj psihologii imeni V.M. Bekhtereva. 2019;(4-2):41-48. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31363/2313-7053-2019-4-2-41-48>
- Павлов А.В., Славуцкая М.В., Омельченко М.А., Котенев А.В., Лебедева И.С. Вызванная синхронизация тета-ритма ЭЭГ при подготовке саккад и антисаккад по памяти в норме и у больных с клинически высоким риском шизофрении. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2024;110(9):1440-1454.
Pavlov AV, Slavutskaya MV, Omelchenko MA, Kotenev AV, Lebedeva IS. Evoked synchronization of theta EEG rhythm during preparation of memory-guided saccades and antisaccades in normals and in patients with clinically high risk for schizophrenia. Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova. 2024;110(9):1440-1454. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0869813924090125>
- Славуцкая М.В., Моисеева В.В., Шульговский В.В. Вызванные потенциалы головного мозга человека на сигнал совершить саккаду по памяти. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2010;60(6):667-678.
Slavutskaya MV, Moiseeva VV, Shulgovsky VV. Cortical Potentials Evoked by the Signal to Make a Memory-Guided Saccade. Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I.P. Pavlova. 2010;60(6):667-678. (In Russ.).
- Albert U, Tomassi S, Maina G, Tosato S. Prevalence of non-psychotic disorders in ultra-high risk individuals and transition to psychosis: A systematic review. *Psychiatry Research*. 2018;270:1-12.
<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.09.028>
- Arkin SC, Ruiz-Betancourt D, Jamerson EC, Smith RT, Strauss NE, Klim CC, Javitt DC, Patel GH. Deficits and compensation: Attentional control cortical networks in schizophrenia. *Neuroimage: Clinical*. 2020;27:102348.
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102348>
- Camchong J, Dyckman KA, Austin BP, Clementz BA, McDowell JE. Common neural circuitry supporting volitional saccades and its disruption in schizophrenia patients and relatives. *Biological Psychiatry*. 2008;64(12):1042-1050.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.06.015>

12. Cermakova P, Chlapecka A, Csajbok Z, Andryskova L, Brazdil M, Mareckova K. Parental education, cognition and functional connectivity of the salience network. *Scientific Reports*. 2023;13(1):2761. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29508-w>
13. Cieslik EC, Seidler I, Laird AR, Fox PT, Eickhoff SB. Different involvement of subregions within dorsal premotor and medial frontal cortex for pro- and antisaccades. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2016;68:256-269. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.05.012>
14. Collin G, Nieto-Castanon A, Shenton ME, Pasternak O, Kelly S, Keshavan MS, et al. Brain functional connectivity data enhance prediction of clinical outcome in youth at risk for psychosis. *Neuroimage: Clinical*. 2020;26:102108. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.102108>
15. Coors A, Imtiaz MA, Boenniger MM, Aziz NA, Breteler MMB, Ettinger U. Polygenic risk scores for schizophrenia are associated with oculomotor endophenotypes. *Psychological Medicine*. 2023;53(4):1611-1619. <https://doi.org/10.1017/S0033291721003251>
16. Curtis CE, Connolly JD. Saccade preparation signals in the human frontal and parietal cortices. *Journal of Neurophysiology*. 2008;99(1):133-145. <https://doi.org/10.1152/jn.00899.2007>
17. Damiani S, Fusar-Poli L, Brondino N, Provenzani U, Baldwin H, Fusar-Poli P, Politi P. World/self ambivalence: A shared mechanism in different subsets of psychotic experiences? Linking symptoms with resting-state fMRI. *Psychiatry Research: Neuroimaging*. 2020;299:111068. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2020.111068>
18. Dong D, Wang Y, Chang X, Luo C, Yao D. Dysfunction of Large-Scale Brain Networks in Schizophrenia: A Meta-analysis of Resting-State Functional Connectivity. *Schizophrenia Bulletin*. 2018;44(1):168-181. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbx034>
19. Donkers FC, van Boxtel GJ. The N2 in go/no-go tasks reflects conflict monitoring not response inhibition. *Brain and Cognition*. 2004;56(2):165-176. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.04.005>
20. Ekin M, Akdal G, Bora E. Antisaccade error rates in first-episode psychosis, ultra-high risk for psychosis and unaffected relatives of schizophrenia: A systematic review and meta-analysis. *Schizophrenia Bulletin*. 2024;266:41-49. doi: 10.1016/j.schres.2024.02.016
21. Fusar-Poli P. The Clinical High-Risk State for Psychosis (CHR-P), Version II. *Schizophrenia Bulletin*. 2017;43(1):44-47. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbw158>
22. Ghosh P, Roy D, Banerjee A. Organization of directed functional connectivity among nodes of ventral attention network reveals the common network mechanisms underlying saliency processing across distinct spatial and spatio-temporal scales. *Neuroimage*. 2021;231:117869. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.117869>
23. Harsay HA, Cohen MX, Spaan M, Weeda WD, Nieuwenhuis S, Ridderinkhof KR. Error blindness and motivational significance: Shifts in networks centering on anterior insula co-vary with error awareness and pupil dilation. *Behavioural Brain Research*. 2018;355:24-35. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2017.10.030>
24. Herrmann CS, Knight RT. Mechanisms of human attention: event-related potentials and oscillations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2001;25(6):465-76. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(01\)00027-6](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(01)00027-6)
25. Hutton SB, Huddy V, Barnes TR, Robbins TW, Crawford TJ, Kennard C, Joyce EM. The relationship between antisaccades, smooth pursuit, and executive dysfunction in first-episode schizophrenia. *Biological Psychiatry*. 2004;56(8):553-9. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.07.002>
26. Ishida T, Nakamura Y, Tanaka SC, Mitsuyama Y, Yokoyama S, Shinzato H, et al. Aberrant Large-Scale Network Interactions Across Psychiatric Disorders Revealed by Large-Sample Multi-Site Resting-State Functional Magnetic Resonance Imaging Datasets. *Schizophrenia Bulletin*. 2023;49(4):933-943. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbad022>
27. Jin Z, Jin DG, Xiao M, Ding A, Tian J, Zhang J, Li L. Structural and functional MRI evidence for significant contribution of precentral gyrus to flexible oculomotor control: evidence from the antisaccade task. *Brain Structure & Function*. 2022;227(8):2623-2632. <https://doi.org/10.1007/s00429-022-02557-z>
28. Johannes S, Munte TF, Heinze HJ, Mangun GR. Luminance and spatial attention effects on early visual processing. *Cognitive Brain Research*. 1995;2(3):189-205. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)90008-x](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)90008-x)
29. Kim MS, Kim YY, Yoo SY, Kwon JS. Electrophysiological correlates of behavioral response inhibition in patients with obsessive-compulsive disorder. *Depression and Anxiety*. 2007;24(1):22-31. <https://doi.org/10.1002/da.20195>
30. Kleineidam L, Frommann I, Ruhrmann S, Klosterkötter J, Brockhaus-Dumke A, Wolwer W, Gaebel W, Maier W, Wagner M, Ettinger U. Antisaccade and prosaccade eye movements in individuals clinically at risk for psychosis: comparison with first-episode schizophrenia and prediction of conversion. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 2019;269(8):921-930. <https://doi.org/10.1007/s00406-018-0973-4>
31. Lencz T, Smith CW, Auther A, Correll CU, Cornblatt B. Nonspecific and attenuated negative symptoms in patients at clinical high-risk for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*. 2004;68(1):37-48. [https://doi.org/10.1016/S0920-9964\(03\)00214-7](https://doi.org/10.1016/S0920-9964(03)00214-7)
32. Luck SJ, Woodman GF, Vogel EK. Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences*. 2000;4(11):432-440.

- [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01545-x](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01545-x)
33. McAteer SM, McGregor A, Smith DT. Oculomotor rehearsal in visuospatial working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2023;85(1):261-275.
<https://doi.org/10.3758/s13414-022-02601-4>
 34. Nieto-Castanon A, Whitfield-Gabrieli S. CONN functional connectivity toolbox: RRID SCR_009550, release 22. Hilbert Press; 2022.
 35. Obyedkov I, Skuhareuskaya M, Skugarevsky O, Obyedkov V, Buslauski P, Skuhareuskaya T, Waszkiewicz N. Saccadic eye movements in different dimensions of schizophrenia and in clinical high-risk state for psychosis. *BMC Psychiatry*. 2019;19(1):110.
<https://doi.org/10.1186/s12888-019-2093-8>
 36. Oribe N, Hirano Y, Del Re E, Meshulam-Gately RI, Woodberry KA, Ueno T, et al. Longitudinal evaluation of visual P300 amplitude in clinical high-risk subjects: An event-related potential study. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*. 2020;74(10):527-534.
<https://doi.org/10.1111/pcn.13083>
 37. Osborne KJ, Zhang W, Farrens J, Geiger M, Kraus B, Glazer J, Nusslock R, Kappenman ES, Mittal VA. Neural mechanisms of motor dysfunction in individuals at clinical high-risk for psychosis: Evidence for impairments in motor activation. *Journal of Psychopathology and Clinical Science*. 2022;131(4):375-391.
<https://doi.org/10.1037/abn0000754>
 38. Palaniyappan L, Liddle PF. Does the salience network play a cardinal role in psychosis? An emerging hypothesis of insular dysfunction. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*. 2012;37(1):17-27.
<https://doi.org/10.1503/jpn.100176>
 39. Rahmati M, Saber GT, Curtis CE. Population Dynamics of Early Visual Cortex during Working Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2018;30(2):219-233.
https://doi.org/10.1162/jocn_a_01196
 40. Ritter W, Simson R, Vaughan HG, Jr. Event-related potential correlates of two stages of information processing in physical and semantic discrimination tasks. *Psychophysiology*. 1983;20(2):168-79.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1983.tb03283.x>
 41. Rong B, Huang H, Gao G, Sun L, Zhou Y, Xiao L, Wang H, Wang G. Widespread Intra- and Inter-Network Dysconnectivity among Large-Scale Resting State Networks in Schizophrenia. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(9).
<https://doi.org/10.3390/jcm12093176>
 42. Slavutskaya MV, Karelin SA, Kotenev AV, Shulgovsky VV. The Positive Components of the Evoked Response to Visual Stimuli in the Saccadic "Go/NoGo" Paradigm in Humans. *Human Physiology*. 2019;45(2):115-125.
<https://doi.org/10.1134/S0362119719010134>
 43. Smith JL, Johnstone SJ, Barry RJ. Response priming in the Go/NoGo task: the N2 reflects neither inhibition nor conflict. *Clinical Neurophysiology*. 2007;118(2):343-55.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.09.027>
 44. Smith SM, Nichols TE. Threshold-free cluster enhancement: addressing problems of smoothing, threshold dependence and localisation in cluster inference. *Neuroimage*. 2009;44(1):83-98.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.03.061>
 45. Souto D, Kerzel D. Visual selective attention and the control of tracking eye movements: a critical review. *Journal of Neurophysiology*. 2021;125(5):1552-1576.
<https://doi.org/10.1152/jn.00145.2019>
 46. Sulejmanpasic G, Memic-Serdarevic A, Sabanagic-Hajric S, Bajramagic N. The Correlation of PANSS Scores and P100 Latency in Patients with Schizophrenia and Migraine Headache Using Visual Evoked Potentials (VEPS) According to Gender and Age. *Acta Informatica Medica*. 2022;30(4):318-323.
<https://doi.org/10.5455/aim.2022.30.318-323>
 47. Tamber-Rosenau BJ, Asplund CL, Marois R. Functional dissociation of the inferior frontal junction from the dorsal attention network in top-down attentional control. *Journal of Neurophysiology*. 2018;120(5):2498-2512.
<https://doi.org/10.1152/jn.00506.2018>
 48. Watters AJ, Rupert PE, Wolf DH, Calkins ME, Gur RC, Gur RE, Turetsky BI. Social aversive conditioning in youth at clinical high risk for psychosis and with psychosis: An ERP study. *Schizophrenia Bulletin*. 2018;202:291-296.
<https://doi.org/10.1016/j.schres.2018.06.027>
 49. Whitfield-Gabrieli S, Nieto-Castanon A, Ghosh S. Artifact detection tools (ART). Cambridge, MA; 2009.
 50. Wolf C, Lappe M. Top-down control of saccades requires inhibition of suddenly appearing stimuli. *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2020;82(8):3863-3877.
<https://doi.org/10.3758/s13414-020-02101-3>
 51. Woods SW, Miller TJ, McGlashan TH. The «prodromal» patient: both symptomatic and at-risk. *CNS Spectrums*. 2001;6(3):223-32.
<https://doi.org/10.1017/s1092852900008609>
 52. Yeap S, Kelly SP, Sehatpour P, Magno E, Garavan H, Thakore JH, Foxe JJ. Visual sensory processing deficits in Schizophrenia and their relationship to disease state. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 2008;258(5):305-16.
<https://doi.org/10.1007/s00406-008-0802-2>
 53. Yung AR, McGorry PD, McFarlane CA, Jackson HJ, Patton GC, Rakkar A. Monitoring and care of young people at incipient risk of psychosis. *Schizophrenia Bulletin*. 1996;22(2):283-303.
<https://doi.org/10.1093/schbul/22.2.283>
 54. Zhang D, Xu L, Liu X, Cui H, Wei Y, Zheng W, et al. Eye Movement Characteristics for Predicting a Transition to Psychosis: Longitudinal Changes and Implications. *Schizophrenia Bulletin*. 2025;51(2):422-431.
<https://doi.org/10.1093/schbul/sbae001>
 55. Zhang D, Xu L, Xie Y, Tang X, Hu Y, Liu X, et al. Eye movement indices as predictors of conver-

sion to psychosis in individuals at clinical high risk. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 2023;273(3):553-563. <https://doi.org/10.1007/s00406-022-01463-z>

56. Zhou Y, Friston KJ, Zeidman P, Chen J, Li S, Razi A. *The Hierarchical Organization of the De-*

fault, Dorsal Attention and Salience Networks in Adolescents and Young Adults. Cerebral Cortex. 2018;28(2):726-737.

<https://doi.org/10.1093/cercor/bhx307>

Сведения об авторах

Джем Анастасия Павловна — младший научный сотрудник лаборатории нейровизуализации и мультимодального анализа ФГБНУ «Научный центр психического здоровья» (Каширское ш., 34, Москва). E-mail: npjam@mail.ru

Паникратова Яна Романовна — к.п.н., старший научный сотрудник лаборатории нейровизуализации и мультимодального анализа ФГБНУ «Научный центр психического здоровья». E-mail: panikratova@mail.ru

Павлов Александр Владимирович — аспирант кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (ул. Колмогорова, 1 строение 12, Москва, 119234). E-mail: alexandersun121@gmail.com

Омельченко Мария Анатольевна — д.м.н., ведущий научный сотрудник Отдела юношеской психиатрии ФГБНУ «Научный центр психического здоровья». E-mail: omelchenko-ma@yandex.ru

Каледа Василий Глебович — д.м.н., заведующий Отделом юношеской психиатрии ФГБНУ «Научный центр психического здоровья». E-mail: kaleda-vg@yandex.ru

Славуцкая Мария Валерьевна — д.б.н., ведущий научный сотрудник кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник лаборатории нейровизуализации и мультимодального анализа ФГБНУ «Научный центр психического здоровья». E-mail: mvslav@yandex.ru

Лебедева Ирина Сергеевна — д.б.н., руководитель лаборатории нейровизуализации и мультимодального анализа ФГБНУ «Научный центр психического здоровья». E-mail: lebedeva-i@yandex.ru

Поступила 17. 04.2025

Received 17.04.2025

Принята в печать 01.11.2025

Accepted 01.11.2025

Дата публикации 30.04.2026

Date of publication 30.04.2026