

<https://doi.org/10.34883/PI.2024.15.3.011>

Ноздрачев Д.И., Крюков В.В. ✉, Краснов В.Н.

Московский научно-исследовательский институт психиатрии – филиал ФГБУ
«Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии
имени В.П. Сербского», Москва, Россия

Окулографические исследования в клинике аффективных расстройств: обзор литературы. Сообщение 1: депрессивные расстройства

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция, дизайн исследования, сбор материала, написание текста и его обработка – Ноздрачев Д.И.; концепция и дизайн исследования, редактирование, обработка, написание текста – Крюков В.В.; концепция и дизайн исследования, редактирование, текста – Краснов В.Н.

Финансирование: исследование выполнено в рамках Государственного задания «Разработка клинических инструментов и алгоритмов для поддержки принятия решений при диагностике, терапии и реабилитации пациентов с непсихотическими психическими расстройствами». Регистрационный номер CMGE-2024-0010.

Подана: 05.07.2024

Принята: 19.08.2024

Контакты: vkrijukov@yandex.ru

Резюме

Введение. Движения глаз в процессе обработки визуальной информации отражают широкий ряд процессов, координация и коррекция которых требует одновременного участия множества отделов и структур головного мозга. В силу комплексности реализации глазодвигательные реакции являются непрямым индикатором ряда разнообразных внутримозговых процессов. В таковом качестве глазодвигательная активность может являться неинвазивным и доступным методом обследования, опирающимся на ряд специфических биологических маркеров, соответствующих тем или иным патологическим состояниям аффективной сферы.

Цель. На основе обобщения данных широкого круга эмпирических окулографических исследований систематизировать современные научные представления о диагностических возможностях данного метода в клинике аффективных расстройств.

Материалы и методы. Сбор материалов для данного нарративного литературного обзора осуществлялся путем поиска статей в наукометрических базах PubMed, Elibrary, Cochrane Library, Google Scholar по запросам «(eye tracking) AND (affective disorders)», «(eye tracking) AND (mood disorders)», «(eye tracking) AND (bipolar disorder)», «(eye tracking) AND (depression)», «айтрекинг аффективные расстройства», «окулография аффективные расстройства», «айтрекинг биполярное расстройство», «окулография биполярное расстройство», «айтрекинг депрессия», «окулография депрессия».

Результаты. Проведенный анализ литературных источников демонстрирует широкий круг особенностей окулографических реакций, соотношенных с теми или иными эмоциональными состояниями и особенностями когнитивного реагирования и характера когнитивных процессов у пациентов с аффективными депрессивными нарушениями. Можно предполагать, что такие окулографические параметры и методики, как фиксации на зонах интересов, анализ путей сканирования и плавных движений глаз, имеют значительный диагностический потенциал, дополняющий устоявшиеся

рутинные методики, основанные на фиксации саккадических движений. С учетом доступности современных форм машинной фиксации и анализа развитие данных диагностических методик и приемов представляется перспективной задачей.

Ключевые слова: окулография, окулографические техники, депрессия, рекуррентная депрессия, биполярное расстройство, саккады, визуальный поиск объекта, пути сканирования, ошибки внимания

Nozdrachev D., Kryukov V. ✉, Krasnov V.

Moscow Research Institute of Psychiatry – branch of V. Serbsky National Medical Research Centre for Psychiatry and Narcology, Moscow, Russia

Oculographic Studies in Affective Disorders: a Review of the Literature. Part 1: Depressive Disorders

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept, research design, collection of material, writing of text and its processing – Nozdrachev D.; concept and design of research, editing, processing, writing of text – Kryukov V.; concept and design of research, editing, text – Krasnov V.

Funding: the study was carried out within the framework of the State task "Development of clinical instruments and algorithms to support decision-making in the diagnosis, therapy and rehabilitation of patients with non-psychotic mental disorders." The registration number is CMGE-2024-0010.

Submitted: 05.07.2024

Accepted: 19.08.2024

Contacts: vkryukov@yandex.ru

Abstract

Introduction. Eye movements during the processing of visual information reflect a wide range of cognitive processes, the coordination and correction of which requires the simultaneous participation of many systems and structures of the brain. Due to the complexity of their implementation, oculomotor reactions are an indirect indicator of a number of different brain processes. As such, oculomotor activity can be a non-invasive and accessible method of examination, based on a number of specific biological markers corresponding to mood disorders.

Purpose. Systematizing of modern scientific knowledge about the diagnostic capabilities of this method in the clinic of affective disorders based on the generalization of data from a wide range of empirical oculographic studies.

Materials and methods. The collection of materials for this narrative literature review was carried out by searching for articles in the scientific databases PubMed, Elibrary, Cochrane Library, Google Scholar using the queries "(eye tracking) AND (affective disorders)", "(eye tracking) AND (mood disorders)", "(eye tracking) AND (bipolar disorder)", "(eye tracking) AND (depression)".

Results. The conducted analysis of literary sources demonstrates a wide range of features of oculographic reactions, correlated with certain emotional states and features of cognitive response and the nature of cognitive processes in patients with affective depressive disorders. It can be assumed that such oculographic parameters and methods as fixations on areas of interest, analysis of scanpaths and smooth pursuit eye movements

have significant diagnostic potential, complementing established routine methods based on fixation of saccadic movements. Due to availability of machine learning analysis, the development of these diagnostic methods and techniques seems to be a promising task.

Keywords: oculography, eye-tracking technology, depression, recurrent depressive disorder, bipolar disorder, saccades, visual search task, visual scanpath, attention biases

Зрительный анализатор является для человека одним из основных источников сведений об окружающей реальности, и именно оптико-пространственные функции особенно тесно связаны с интегративной функцией сознания. Зрение позволяет обрабатывать информацию об объектах внешнего мира, символических системах (в частности письменности) и живых существах, в том числе других людях. Важным показателем направленности внимания и фокуса сознания является проекция взора и ряд параметров глазодвигательного поведения. По совокупности отражения полисистемных взаимоотношений движения глаз окулографические приемы фиксации заняли особое место в исследовательской практике современных нейронаук и соотнесенных дисциплин.

Движения глаз отображают сразу ряд параметров обработки визуальной информации; их координация и коррекция требует одновременного участия множества отделов и структур головного мозга. Поэтому движения глаз являются непрямым индикатором ряда внутримозговых процессов, в том числе связанных с механизмами когнитии, перцепции и вегетативного регулирования. В таковом качестве глазодвигательная активность может являться и биологическим маркером патологических состояний, при этом неинвазивным, доступным и носящим интегративный характер, позволяющим целостно оценить обработку той или иной поступающей информации. Особую ценность изучению движений глаз придает высокое временное разрешение, определяемое периодами в десятки миллисекунд, что сопоставимо с временным разрешением электрофизиологических методик и значительно меньше времени, требуемого для отображения изменений в нейровизуализационных методиках, включая функциональную МРТ.

К настоящему времени фиксация движения глаз осуществляется тремя основными способами: айтрекингом (видеофиксацией), электроокулографией (фиксацией потенциалов глазодвигательных мышц) и прямой фиксацией (контактные линзы).

История окулографии насчитывает уже несколько веков. В XVII в. были отмечены различные реакции зрачка в зависимости от предъявляемого стимула (Scheiner). В дальнейшем физиологи движения глаз изучали Я.Э. Пуркинье, М.Ж.П. Флуранс, Г. Гельмгольц. В 1878–79 гг. Луи Жаваль (Javal) впервые сделал попытки записи саккад – например, при помощи небольших зеркал, прикрепленных к роговице и дающих движущиеся блики, которые можно записать. Им же впервые была сделана попытка описать фиксации взора – при помощи самонаблюдения испытуемых, которым прежде ярким светом вызывали послеобразы в виде световых пятен [1]. Рэймонд Додж (Dodge) стал пионером объективной фотофиксации движений глаз, применив ее в 1901 году; Аллен Росс Дифендорф (Diefendorf) вместе с Доджем в 1908 году впервые применили окулографическое исследование для оценки состояния лиц с психическими и неврологическими расстройствами (деменцией,

маниакально-депрессивным психозом, эпилепсией). С тех пор окулографические исследования непрерывно развиваются: существенно повысились временное разрешение записи движений глаз (в первых исследованиях достигавшее не более 250 миллисекунд) и точность их регистрации, совершенствовалась портативность записывающего оборудования.

Во второй половине XX века стали выделяться отдельные методики и принципы окулографии: исследования плавных следящих движений глаз (SPEM), антисаккад, пиковой скорости саккадических движений, диаметра зрачка. В 1990-х годах айтрекеры окончательно приняли современный вид – широко внедрились методы с применением инфракрасных лучей для детекции положения зрачка и направленности взгляда [2].

Спектр современных айтрекеров очень широк, технически возможна запись глазо-двигательных актов с камеры мобильного телефона или небольшого портативного устройства (например, VR-очков), что позволяет оценить особенности движений глаз при деятельности человека в естественных, а не изолированных лабораторных условиях.

Основные формы глазо-двигательных событий, изучаемые окулографическими методами, включают: фиксации (задержки взгляда на точке), саккады (скачкообразные перемещения взгляда с одной точки на другую) и антисаккады (саккады, направленные в противоположную от стимула сторону), плавные следящие движения глаз (smooth pursuit eye movements – разновидность фиксации на перемещающемся объекте), изменения диаметра зрачка.

К ограничениям окулографических методик можно отнести трудности с точной локализацией точки проекции взгляда на изображение (что можно практически нивелировать качественной калибровкой и стандартизированными условиями записи в лаборатории), а также возможность сознательного искажения ряда параметров движений глаз участником, который знаком с методикой айтрекинга и хочет получить желаемый результат, а также неосознаваемое искажение вследствие новизны и необычности условий эксперимента (в зарубежной литературе данное явление описано как так называемый Хоторнский эффект (Hawthorne effect)) [2]. Последнее отчасти может быть компенсировано тем, что ряд параметров движений глаз (например, диаметр зрачка и скорость саккад) напрямую не контролируется сознанием.

Окулография находит практическое применение в исследованиях потребления, принятия решений, спортивного поведения, при решении диагностических задач в неврологии и все чаще при психических расстройствах. В сфере исследований психики человека окулография может использоваться и как диагностический метод, и как средство оценки эффектов лекарственных препаратов [3] и реабилитационных вмешательств [4]. Существуют методики, прямо использующие технологии окулографии в психотерапевтических целях – так, разработана методика модификации искажений внимания (attention bias modification, ABM) [5–7]. Окулографические исследования также с успехом применяются и в распознавании текущего эмоционального состояния субъекта, участвующего в исследовании [8].

В связи со значительным объемом сведений, накопившихся к настоящему времени и связанных с оценками и характеристиками возможностей методов окулографии в психофизиологической оценке тех или иных эмоциональных, когнитивных и аффективных феноменов, нами была предпринята попытка систематизации и

обобщения современных эмпирических научных представлений о месте и возможностях окулографии в исследованиях аффективных расстройств.

С этой целью был проведен анализ литературных источников, поиск материалов осуществлялся в наукометрических базах PubMed, Elibrary, Cochrane Library, Google Scholar по запросам «(eye tracking) AND (affective disorders)», «(eye tracking) AND (mood disorders)», «(eye tracking) AND (bipolar disorder)», «(eye tracking) AND (depression)», «айтрекинг аффективные расстройства», «окулография аффективные расстройства», «айтрекинг биполярное расстройство», «окулография биполярное расстройство», «айтрекинг депрессия», «окулография депрессия».

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Сферы нарушения глазодвигательных функций при аффективных расстройствах

Различные типы глазодвигательных событий отражают разные уровни нарушения психических процессов, соотнесены с различными мозговыми структурами и их коллаборативным взаимодействием.

Окулографические исследования позволяют оценивать как психомоторные нарушения и дисфункции коркового контроля эмоциональных процессов, в частности ингибирования – при применении исследований саккад и антисаккад, а также плавных следящих движений глаз, так и высшие формы обработки эмоционально значимой информации, нарушения которых отображаются в так называемых ошибках внимания, свойственных пациентам с аффективными расстройствами, и отображаются в исследованиях фиксации взора и пиковой скорости саккад. Исследования реактивности зрачка позволяют более прицельно оценить типологию и степень вовлеченности вегетативного компонента аффективных реакций [3].

В число основных параметров и методик окулографических исследований в клинике аффективных расстройств входят следующие показатели и тесты [2–4, 8, 9]:

1. Саккады – оценивается их латентность и число ошибок при выполнении теста. Отображают общую функцию зрительных систем (верхних бугорков, лобных зрительных полей и теменной коры), показаны корреляции их точности и уровня когнитивного функционирования.
2. Антисаккады – отражают функцию ингибирования лобной коры, т. е. степень когнитивного контроля.
3. Предиктивные саккады – отображают когнитивную функцию предвосхищения (антиципации).
4. Саккады, выполняемые по памяти (memory-guided), – отображают функции рабочей памяти (т. е. лобной коры).
5. Плавные следящие движения глаз – отображают функции поддержки зрительного контакта с участием базальных ганглиев и мозжечка, под контролем ряда участков коры – лобных зрительных полей и верхнемедиальных теменных полей. Возможность плавных следящих движений глаз обусловлена возможностью подавления избыточных саккад и является проявлением функций лобного контроля.
6. Фиксации в зонах интереса – задержки взора на стимуле, фиксируемые в рамках задач на свободное рассматривание (free viewing task) или на визуальный поиск нужного объекта (visual search task). В качестве объекта визуального анализа могут использоваться фото лиц, ситуаций или эмоционально насыщенный текст.

Фиксации характеризуются их количеством в зоне интереса, общей и средней продолжительностью, латентностью.

7. Пути сканирования (visual scanpath) – путь, который проделывает взор при анализе изображения. Включает фиксации и саккады.
8. Оценка диаметра зрачка – показывает как вегетативную реакцию, связанную с эмоциональными переживаниями, так и когнитивную «нагруженность» в процессе обработки стимула.
9. Моргание – отображает степень эмоционального возбуждения при анализе объекта, связано с функцией дофаминергической системы.

Аффективные процессы и, соответственно, аффективные расстройства неизбежно вовлекают когнитивный компонент. Специфические аффективно обусловленные когнитивные нарушения обозначаются как «горячие» и включают дефекты обработки эмоционально окрашенной информации, нарушения обработки перцептивной информации и нарушения сферы внимания (включая обработку образов лиц), изменения процесса принятия эмоционально окрашенных решений и расстройства регуляции эмоций [10].

Выделяют три сферы когнитивных нарушений при аффективных расстройствах: ошибки внимания, интерпретации и запоминания эмоционально окрашенной информации. Характерные ошибки внимания и обработки информации опосредуют связь биологических (генетических и нейробиологических) и психосоциальных компонентов патогенеза аффективных расстройств [11]. Активно изучается роль нарушений внимания в формировании и поддержании аффективных расстройств: в частности, выдвинута гипотеза, что недостаток чувствительности к позитивным стимулам является патогенетическим механизмом депрессивных состояний [6, 7, 12]. Систематический обзор и метаанализ D. Shamai-Leshem и соавт. позволяет предполагать определенную роль искажений внимания в поддержании рекуррентности депрессивных состояний, показывая их персистирование у лиц с депрессивными эпизодами в анамнезе в противовес лицам, никогда не страдавшим депрессией [13].

Основным искажением обработки эмоциональной информации, выявленным при депрессивных состояниях в рамках аффективных расстройств, является так называемое негативное искажение внимания (negative attention bias), свойственное депрессивным состояниям в рамках и рекуррентного депрессивного расстройства (РДР), и большого депрессивного расстройства (БДР) в систематике DSM-IV и DSM-5, и биполярного аффективного расстройства [7, 13, 14]. Описаны также трудности переключения внимания от негативной информации, которое обычно интерпретируется как связанное с негативной ошибкой внимания проявление трудностей регуляции эмоций [5, 14, 15]. Негативные ошибки внимания также затрагивают исполнительные функции: так, показаны феномен избирательного преимущественного доступа к рабочей памяти именно негативной информации, ее преимущественный процессинг, облегченное запоминание и вызов негативно окрашенной информации из памяти [6, 16].

В некоторых исследованиях описана разница в протекании когнитивных процессов под воздействием эмоций разной модальности: при позитивных эмоциях – широкое и более взвешенное внимание; при негативных эмоциях – сужение фокуса и избирательное углубление обработки [14]. При депрессивных состояниях это выражается в склонности к персеверативной обработке негативной информации,

клинически выраженной в руминации [6]. Отмечена также склонность при депрессии воспринимать двусмысленные стимулы как негативные [5]. Этот феномен на клиническом уровне коррелирует с кататимными искажениями мышления.

В ряде исследований оспаривается столь одностороннее толкование ошибок внимания. Так, в работе с индукцией эмоций путем просмотра видеофрагментов показано отсутствие изменений в выраженности ошибок внимания при окулографическом исследовании со стимулами в виде эмоционально окрашенных лиц [16]. Описан и феномен избегания негативных (грустных) стимулов, т. е. по существу инверсия ошибки внимания [11, 17].

Данные эмпирических исследований окулографических нарушений при депрессии

1. Саккады и плавные следящие движения глаз (SPEM).

В исследовании с применением методики плавных следящих движений глаз при сравнении здорового контроля, пациентов с шизофренией и большим депрессивным расстройством (БДР) было показано, что значимые ошибки в позиционировании стимула и скорости слежения за его перемещением выявлялись у лиц с шизофренией, а лица с депрессией не отличались по этим параметрам от контрольной группы. С учетом того, что плавные следящие движения глаз отражают достаточно глубокие уровни когнитивного (исполнительного) контроля окуломоторных актов, результаты этого исследования свидетельствуют о невыраженности вовлечения этих уровней при депрессии, с учетом ограничений по размеру выборки [18].

В исследовании Y. Li и соавт. использовался комплекс исследовательских задач – фиксации, саккады и антисаккады. Было установлено, что в тесте с антисаккадами пациенты с депрессией показали большую латентность и меньшую пиковую скорость саккад, что может быть связано с трудностями процессов торможения. Также было показано, что у пациентов с депрессией уменьшена продолжительность фиксаций, что авторы связывают со снижением способности к обработке информации [19]. В исследовании, посвященном роли дефицита функции ингибирования при депрессивных руминациях, показано, что руминативные тенденции достоверно коррелируют с трудностями переключения внимания; также отмечено, что пациенты с депрессией отличаются большим числом ошибок и большей латентностью реакции в тестах с антисаккадами [20]. В другой работе приводятся результаты сочетанного окулографического и нейровизуализационного исследования с применением функциональной МРТ; показано, что пациенты с БДР допускают больше ошибок в тесте с антисаккадами, одновременно у них отмечена меньшая степень усиления кровотока в доминантном полушарии, что, по мнению авторов, подтверждает гипотезу о нарушении функции когнитивного контроля при депрессии [21].

Y. Barsznica и соавт. исследовали особенности глазодвигательных расстройств у пожилых пациентов с депрессией и суицидальным поведением. Установлено, что пациенты с суицидальным поведением допускали больше ошибок в тесте с антисаккадами и им требовалось больше времени на коррекцию. Авторы интерпретируют полученный результат как доказательство снижения когнитивной гибкости у пожилых пациентов с депрессией и суицидальным поведением, что может быть связано с персистированием суицидальных идей и неспособностью конструктивно справляться с жизненными вызовами [22].

Недавнее исследование окулографических показателей при БДР с использованием тестов с просаккадами и антисаккадами показало наличие нарушений глазодвигательной активности в последнем тесте, а именно снижение точности и более высокую среднюю скорость движений глаз [23].

В диссертационном исследовании С.В. Pople были показаны аномалии во времени реакций в тесте с антисаккадами, а именно его удлинение; в процессе лечения с применением транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) редукция этих аномалий соотносилась с редукцией клинической симптоматики [24].

2. Фиксации на стимулах.

2.1. Лица.

В работе А. Sanchez и соавт. с помощью специального дизайна окулографического исследования было показано наличие у пациентов с БДР затруднений в переключении с изображений грустных лиц на нейтральные; выраженность этой ошибки внимания коррелировала с трудностями восстановления эмоционального состояния после индуцирования стресса; авторы интерпретируют данную ошибку внимания как один из потенциальных механизмов поддержания депрессивных состояний [25].

А. Duque и соавт. продемонстрировали смещение внимания в сторону изображений лиц, выражающих негативные эмоции, а именно грустных, у пациентов с БДР, не получавших лечения; также наблюдалась корреляция тяжести симптоматики и выраженности нарушений выполнения глазодвигательных актов [26]. В работе М. Li и соавт. было показано снижение позитивной ошибки внимания у пациентов с БДР в ремиссии по сравнению с группой контроля при отсутствии изменений начальных фаз внимания и общего внимания к негативным стимулам [27]. S. Lu и соавт. также выявили снижение позитивной ошибки внимания у лиц с БДР [28]. В работе А. Lazarov и соавт. субъекты с диагнозом БДР и с психометрически выявленным повышенным уровнем депрессивной симптоматики, без клинически квалифицированного аффективного расстройства демонстрировали повышенное внимание к изображениям грустных лиц; субъекты без депрессивной симптоматики демонстрировали повышенное внимание к счастливым лицам [29]. В работе С.М. Bodenschatz и соавт. показано наличие сокращения времени задержки внимания на счастливых лицах при БДР, при этом собственно негативной ошибки внимания выявлено не было [30]. Аналогичный результат получен группой бразильских исследователей [31]. С.Е. Foster и соавт. в своем исследовании женщин с БДР и контрольной группы также показали снижение выраженности позитивной ошибки внимания при депрессии [32].

L. Isaac и соавт. изучали восприятие изображений лиц с эмоциональной экспрессией у пациентов в актуальном депрессивном состоянии и в ремиссии, в сравнении с группой контроля. Было показано, что у обеих групп с депрессией повышено внимание к эмоциональным лицам в целом, при этом субъекты с текущим депрессивным эпизодом показали меньшее внимание к изображениям счастливых лиц [33]. В более позднем исследовании с аналогичным дизайном, выполненном I. Yaroslavsky и соавт., показано наличие связи выраженности нарушений переключения внимания от грустных лиц и ускоренное переключение от счастливых лиц, что коррелирует с выраженностью руминации и тяжестью депрессии [34].

В окулографическом исследовании А. Sanchez и соавт. изучался вопрос выраженности ошибок внимания к негативным стимулам у лиц с депрессией в условиях социального стресса (в рамках исследования таковой моделировался путем предложения

участникам выступить с публичной речью). Были показаны как наличие смещения внимания в сторону лиц с негативной эмоциональной экспрессией при депрессии, так и опосредующая роль выраженности этой ошибки в способности пациентов с депрессивной симптоматикой восстанавливаться после стрессового события [35].

В исследовании Д.М. Чередниковой и О.А. Ахметовой произведен анализ окулографически выявляемых сдвигов внимания к эмоционально окрашенным изображениям лиц у пациентов с БДР в сравнении с контрольной группой. У субъектов с депрессией показано снижение внимания к изображениям счастливых лиц, при этом относительно изображений грустных лиц отмечено некоторое повышение латентности первой фиксации, что интерпретируется авторами как проявление защитных механизмов психики, а именно избегания пациентами с депрессией негативных стимулов [17].

Определенные находки, связанные с устойчивыми особенностями движений глаз, были выявлены и для стрессовых событий большой давности, и для ряда особенностей, связанных с самооценкой и ауторефлексией. В работе S. Zeng и соавт. сделана попытка машинного анализа окулографических данных, полученных при проведении задачи на свободное рассматривание эмоционально окрашенных лиц. Показано, что даже при анализе выборки из 50 человек удалось достичь точности в 76%, что дает надежду достичь высокой точности диагностики при увеличении выборки [36].

В работе J. Klawohn и соавт. показано как наличие смещения внимания в сторону грустных стимулов при депрессии и в сторону счастливых изображений лиц в контрольной группе, так и связь выраженности типичных для депрессии ошибок внимания со степенью выраженности как психометрически измеренной степени детской психотравматизации, так и затронутости анамнестически оцениваемыми негативными событиями текущего жизненного опыта [37].

T. Suslow с соавт. рассмотрел вопрос о роли алекситимии в формировании нарушений распределения внимания к эмоциональным стимулам у пациентов с БДР; было показано, что наличие алекситимической симптоматики замедляет обработку эмоциональной информации при анализе выражений лиц разной модальности, что отображает ее связь с общим дефицитом социальных когнитивных функций [38].

В работе A. Arenliu изучался вопрос влияния уровня выраженности руминаций на окулографические показатели у лиц без клинического диагноза аффективного расстройства, но имеющих симптомы депрессии. Показано, что высокий уровень руминации связан с более длительной фиксацией зрительного внимания на изображениях грустных и злых лиц и уменьшением времени рассматривания счастливых лиц [39].

В работе C. Buhl и соавт. исследовалась структура окулографически выявляемых ошибок внимания у детей и подростков в возрасте 9–14 лет с клиническим диагнозом БДР, а также у двух аналогичных по возрасту групп – здоровых детей и подростков с родителями, страдающими депрессией, и без таковых. Показано, что субъекты с депрессией дольше удерживали внимание на грустных лицах, по сравнению с группой здоровых субъектов с наследственной отягощенностью, и выраженность негативной ошибки внимания коррелировала с тяжестью депрессии; при этом в задачах на визуальный поиск объекта разницы обнаружено не было [11].

R. Yang и соавт. изучили особенности ошибок внимания к эмоционально окрашенным изображениям лиц у подростков с диагнозом БДР в зависимости от наличия черт тревожного дистресса (в модели DSM-5). У подростков с БДР без черт тревожного дистресса ошибки внимания выявлены не были, а при наличии тревожного дистресса была отмечена замедленная реакция на стимулы, что может быть связано как с избеганием негативно эмоционально окрашенных стимулов, так и с трудностями переключения внимания [40].

В работе С.М. Bodenschatz и соавт. изучалась эффективность визуального поиска целевого эмоционального стимула (изображения лица) среди лиц с другими эмоциями у участников с БДР в сравнении с контрольной группой. Было показано отсутствие значимых смещений внимания у пациентов с депрессией, что, по мнению авторов, говорит о невовлеченности механизмов визуального поиска в развитие депрессии и требует дальнейших изысканий на более крупных выборках [41].

Исследование В. Platt и соавт., посвященное структуре ошибок внимания у пациентов с БДР в разных методиках (зрительного поиска, свободного рассматривания и пробы с точкой (dot probe task)), не показало значимых различий между участниками с депрессией и членами контрольной группы, что сами авторы связали с размерами выборки [42].

Недавнее исследование L. von Koch и соавт. было посвящено прояснению вопроса о существовании ошибок внимания при депрессии в период интермиссии. В исследование было включено 2 группы: пациенты с БДР в текущей эутимии (основная группа) и контрольная группа без аффективных эпизодов в анамнезе. Было показано, что пациенты контрольной группы быстрее переключают внимание от изображений лиц, выражающих отвращение, по сравнению с основной группой, что, по мнению авторов, говорит о сохранении некоторого смещения внимания в сторону негативно окрашенных стимулов у пациентов с БДР в эутимном состоянии и может отображать один из механизмов рекуррентности депрессивных состояний [43].

Окулографические приемы в ряде исследований синхронизировались и соотносились с иными приемами нейровизуализационной фиксации. Так, в работе R. Sun и соавт. проведена попытка сопоставления данных окулографии и функциональной МРТ (fMRI) при визуальном анализе эмоционально окрашенных изображений лиц. В данном исследовании применялась как методика свободного рассматривания изображений, так и задача на зрительный поиск. Показано, что задача на свободное рассматривание выявляет более выраженный сдвиг внимания в сторону негативно эмоционально окрашенных изображений; одновременно фМРТ показала большую активизацию кровотока в лобных долях. При этом окулография показала большую точность в разграничении процессов обработки разной эмоциональной информации, чем фМРТ [44].

L. Imbert и соавт. в своей работе изучали ошибки внимания при рассматривании эмоционально окрашенных изображений лиц у пациентов с резистентными депрессиями. Было показано наличие положительной корреляции между тяжестью депрессии и длительностью поддержания внимания к грустным лицам. При этом не было выявлено специфических ранних ошибок внимания, что еще раз подтвердило их роль в дифференциации тревожных и депрессивных состояний [45].

Отдельные исследования посвящены ошибкам внимания у родственников субъектов с депрессией. Так, в работе X. Fu и соавт. рассмотрен вопрос об ошибках

внимания у детей матерей, страдающих БДР. Показано наличие негативной ошибки внимания в форме более долгого времени рассматривания изображений грустных лиц [46].

2.2. Окулографические исследования с использованием иных стимулов.

Дискуссионным остается вопрос о динамике ошибок внимания во время предъявления стимула. В исследовании молодых взрослых с диагнозом БДР было показано, что при демонстрации эмоционально окрашенных изображений в течение 30 секунд сохраняется ошибка внимания в виде его смещения в сторону дисфорически окрашенных, а не позитивных изображений, что подтверждает идею о так называемых поздних ошибках внимания у субъектов с депрессией [47].

В исследовании ошибок внимания у работников помогающих профессий с симптомами так называемого эмоционального выгорания и депрессии была показана схожесть этих двух состояний в отношении окулографических нарушений. В качестве стимульного материала использовались эмоционально окрашенные картинки [48].

Нарушения процесса ментализации, или построения внутренней картины психического (Theory of mind) при депрессии выдвигаются в качестве одного из механизмов, опосредующих нарушения социального взаимодействия. Однако в одном из окулографических исследований с применением тестов на оценку ситуации с точки зрения другого человека (perspective taking task) различий между группами депрессии и контроля обнаружено не было. Авторская интерпретация результатов акцентирует внимание на том, что в предшествующих исследованиях были выявлены преимущественные трудности ментализации в отношении аффективно насыщенных ситуаций, а не когнитивно нагруженных, к которым относятся и задачи на восприятие зрительной перспективы [49].

В качестве эмоциональных стимулов могут использоваться и текстовые: например, демонстрируемые на экране напечатанные слова или фразы. В окулографическом исследовании с использованием эмоционально окрашенных слов в качестве стимулов была показана связь выраженности руминаций и внимания к словам, выражающим угрожающие и дисфорически окрашенные понятия, что укладывается в представления о депрессии в рамках когнитивной триады А. Бека [50].

Изучение нарушения восприятия социальных стимулов при депрессии может служить одним из способов исследования природы нарушений межперсональной коммуникации при депрессии. В одной из работ показано наличие ранней ошибки внимания – а именно увеличения продолжительности первой фиксации – по отношению к изображениям сцен межличностной агрессии у пациентов с депрессией. Авторы исследования предполагают, что нарушения в сфере социальных когниций могут играть роль в поддержании депрессивного состояния [51].

В центр внимания исследователей попал и вопрос применимости окулографических методик в оценке суицидологических аспектов депрессии. Теоретической основой подобных исследований стало сложившееся представление о наличии ошибок внимания, связанных с суицидальностью (suicide-related attention biases), опосредующих уязвимость к суицидам. В эмпирическом исследовании H. Li и соавт. было показано, что лица с депрессией и суицидальной попыткой в анамнезе дольше фиксировали взгляд на суицидальных стимулах, чем пациенты с депрессией без суицидальных попыток и участники контрольной группы; при этом все пациенты

с депрессией (с суицидальными попытками в анамнезе и без них) быстрее распознавали стимулы, содержащие контент, связанный с суицидом. Авторы исследования полагают, что этим подтверждается гипотеза о специфических для суицидальной активности ошибках внимания [52].

Использование пугающих заявлений является одной из стратегий пропаганды здорового образа жизни. A.J. Lueck с соавт. исследовали реакции участников с различными уровнями психометрически выявленных гипотимных признаков на слайды с разной выраженностью интенсивности угрожающих стимулов. Значимой связи между уровнем депрессивной симптоматики и уровнем внимания к угрожающему стимулу выявлено не было [53].

В крупном исследовании депрессивных расстройств с регистрацией данных ЭЭГ, окулографии и кожно-гальванической реакции при демонстрации эмоционально окрашенных изображений из базы OASIS было показано, что пациенты с БДР характеризуются смещением внимания в сторону дисфорических стимулов по сравнению с контрольной группой [54].

В качестве эмоционально окрашенных стимулов могут использоваться и интернет-мемы. Так, в исследовании U. Akram и соавт. двум группам участников (с высоким и низким уровнем депрессивной симптоматики) демонстрировались пары мемов – нейтральные и с депрессивным контентом. Было показано, что участники с более высоким уровнем депрессивной симптоматики чаще фиксируются на мемах с депрессивным содержанием [55].

Исследованию депрессий у беременных женщин в предродовом периоде посвящена работа Y. Xu и соавт. В качестве стимулов в окулографическом исследовании здесь использовались изображения младенцев или связанных с ними предметов и ситуаций, с различной эмоциональной окраской. Показано, что беременные женщины с депрессией быстрее ориентировали свое внимание на любые стимулы, связанные с младенцами, при этом группа беременных без депрессии демонстрировала смещение внимания к негативным стимулам, тогда как группа с депрессией – нет. Авторы заключают, что полученные данные свидетельствуют о наличии ошибок внимания у беременных женщин с депрессией, однако узкие аспекты их проявлений должны изучаться более детально [56].

C. Lanza и соавт. исследовали особенности эмоциональных реакций на негативные вербальные стимулы у пожилых субъектов с депрессией. Показано, что в результате такого воздействия внимание смещается в сторону позитивно окрашенных стимулов (в отличие от контрольной группы из более молодых субъектов), причем более выражено у пожилых с депрессией, чем у пожилых без депрессии; такая несколько парадоксальная реакция, вероятно, являющаяся отражением защитных механизмов психики, предлагается авторами как предмет изучения с целью интеграции в терапевтические стратегии [57].

В последние годы к обработке окулографических данных все шире привлекаются методики искусственного интеллекта и машинного анализа, в том числе с использованием нейросетей. В работе S. Lu предпринята попытка отыскания специфических паттернов чтения текстов на китайском языке у лиц с высоким риском развития депрессии при помощи средств машинного обучения; достигнута диагностическая точность в 81% при чувствительности в 76% [58]. В исследовании M. Yang и соавт. предложен новый способ машинного анализа глазодвигательных данных – выделение областей

интереса с помощью кластеризации данных окулографических показателей. В исследование включались пациенты с БДР и здоровый контроль, в качестве стимулов использовались эмоционально окрашенные изображения. Показана диагностическая точность в 76% [59]. В другой работе с использованием методов машинного обучения достигнута точность диагностики депрессии в 81,8% [Li Y. et al., 2023]. Z. Zheng и соавт. предложен машинный анализ (методами поддерживающих векторов и многослойного перцептрона) сразу нескольких глазодвигательных параметров – фиксаций и саккад – с целью дифференциации групп пациентов с БДР и контрольной группы. Диагностическая точность одной из моделей достигла 86%. При проведении группе пациентов когнитивно-поведенческой психотерапии глазодвигательные показатели демонстрировали статистически значимые изменения [61].

3. Когнитивные исследования.

Целый ряд окулографических исследований при аффективных расстройствах посвящен выявлению специфических аномалий в когнитивном функционировании, не связанных напрямую с кататимными нарушениями когнитивных процессов в рамках аффективной фазы; в современной психофизиологии разграничение двух видов когнитивных нарушений формулируется как различие «горячих» (кататимных по механизму, возникающих в связи с эмоциональной окрашенностью состояния пациента искажениях обработки информации, в первую очередь эмоционально насыщенной) и «холодных» (затрагивающих процессы обработки более абстрактной информации, без актуальной эмоциональной насыщенности) когнитивных искажений [10]. Настоящий раздел нашего обзора посвящен именно так называемым холодным ошибкам.

В окулографическом исследовании функций памяти у пациентов с депрессивными состояниями показано, что депрессия приводит к угнетению нисходящей регуляции когнитивных функций, а именно нарушению распределения внимания при запоминании объектов [62].

V. Nemeth с соавт. в своем окулографическом исследовании эпизодической памяти у пациентов с БДР показали специфическое нарушение эксплицитного распознавания лиц, а также аномальные реакции на вознаграждение [63].

В исследовании, посвященном возможности диагностики депрессии с применением технологии окулографии и анализа мимической экспрессии лица с применением технологий ИИ, было показано наличие значимых различий в глазодвигательных показателях у контрольной группы и группы субъектов с депрессией при выполнении когнитивно нагруженных задач; в частности, было показано меньшее число фиксаций на положительно окрашенных вербальных стимулах и более быстрое распознавание негативных стимулов [64].

В аналогичной недавней работе представлены результаты использования нейронной сети для диагностики депрессии путем анализа окулографических данных (саккад, фиксаций, диаметра зрачка, частоты морганий) при выполнении когнитивных задач. Показано, что при сравнении групп БДР и здорового контроля возможно достичь чувствительности в 90,6% и специфичности в 97,4% [65].

4. Исследования функций зрачка.

Изменения как выраженности зрачковых реакций (размера зрачка в тех или иных ситуациях), так и реактивности зрачка являются маркером вовлечения вегетативных механизмов в патогенез аффективных расстройств. При этом сама по себе реакция зрачка в форме увеличения его диаметра отражает как вегетативную активацию,

связанную с опосредованными лимбической системой компонентами формирования эмоции, так и степень когнитивной загруженности субъекта при анализе стимула и глубину вовлечения внимания в этот процесс; в ряде физиологических исследований показана прямая взаимосвязь расширения зрачка и степени сложности когнитивной задачи. В сфере обработки эмоциональных стимулов расширение зрачка является маркером эмоциональной вовлеченности и вегетативного возбуждения [14].

Степень выраженности дисфункции разных отделов вегетативной нервной системы различна: если преобладание симпатической активации является общей находкой большинства исследований, то снижение активности парасимпатической системы, по-видимому, менее ярко выражено и не является обязательным компонентом депрессивных состояний. Этот дисбаланс вносит существенный вклад в соматическую симптоматику депрессий. Также показано, что избыточная вегетативная активация в ответ на эмоционально заряженные стимулы влияет и на вторичную когнитивную оценку этих стимулов, усиливая ошибки мышления и формируя тем самым своеобразный «порочный круг». Сниженная активация может здесь служить защитным фактором. В систематическом обзоре и метаанализе X. Yang и соавт. констатируется, что в целом для субъектов с депрессией характерна несколько повышенная реакция зрачка на негативно окрашенные стимулы; реакции на позитивно окрашенные и нейтральные стимулы значимо не отличались от контрольной группы [14].

Исследование с применением окулографической методики для фиксации изменений диаметра зрачка в ситуации коммуникации показало, что у лиц с депрессией (БДР) снижен уровень доверия виртуальному «собеседнику» (изображению лица с анимированными глазами и возможностью реагировать диаметром зрачка в коммуникации с участником исследования), а сам паттерн реакции зрачка, отображающий формирование доверия, отличается от такового у здоровых лиц [66].

A.M. Spaeth и соавт. исследовали вопрос о реактивности лиц с депрессивной симптоматикой на позитивные стимулы. В исследовании использовались возникающие неожиданно для субъекта положительно окрашенные эмоциональные стимулы; выбирая такую методику, авторы руководствовались данными о наличии у лиц с депрессией трудностей в прогнозировании будущих событий вследствие наличия когнитивных искажений. Было показано, что зрачковые реакции на положительно окрашенные стимулы снижены [67].

В работе A. Brendler и соавт. исследовалась реактивность зрачка в ответ на вознаграждение у пациентов с БДР. Показано, что степень расширения зрачка обратно коррелирует с тяжестью депрессивной симптоматики и особенно с выраженностью ангедонии при демонстрации именно стимульного материала, связанного с вознаграждением. Авторы связывают полученные данные с дисфункцией норадренергической системы (особенно голубоватого пятна) у пациентов с депрессией [68].

Данная часть литературного обзора, в большей мере связанная с оценкой окулографических особенностей у пациентов с большим депрессивным расстройством и иными, зачастую доклиническими формами гипотимных проявлений, завершена. Во второй части нашего сообщения будут представлены материалы анализа литературных источников, посвященных исследованиям глазодвигательных реакций в клинике биполярного аффективного расстройства. В той же части работы будут обобщены результаты данного литературного анализа и сформулированы как положения, требующие обсуждения, так и выводы по итогам данной работы.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Wade N.J. Pioneers of Eye Movement Research. *i-Perception*. 2010;1(2):33–68. doi: 10.1068/i0389
2. Stuart S. (ed.) *Eye Tracking: Background, Methods, and Applications*. New York: Humana New York Publ., 2022. doi: 10.1007/978-1-0716-2391-6
3. Carvalho N., Laurent E., Noiret N. et al. Eye Movement in Unipolar and Bipolar Depression: A Systematic Review of the Literature. *Front Psychol*. 2015;6:1809. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01809
4. Carelli L., Solca F., Tagini S. et al. Gaze-Contingent Eye-Tracking Training in Brain Disorders: A Systematic Review. *Brain Sci*. 2022;12(7):931. doi: 10.3390/brainsci12070931
5. Krejtz I., Holas P., Rusanowska M. et al. Positive online attentional training as a means of modifying attentional and interpretational biases among the clinically depressed: An experimental study using eye tracking. *J Clin Psychol*. 2018;74(9):1594–1606. doi: 10.1002/jclp.22617
6. Woolridge S.M., Harrison G.W., Best M.W. et al. Attention bias modification in depression: A randomized trial using a novel, reward-based, eye-tracking approach. *J Behav Ther Exp Psychiatry*. 2021;71:101621. doi: 10.1016/j.jbtep.2020.101621
7. Shamai-Leshem D., Lazarov A., Pine D.S. et al. A randomized controlled trial of gaze-contingent music reward therapy for major depressive disorder. *Depress Anxiety*. 2021;38(2):134–145. doi: 10.1002/da.23089
8. Lim J.Z., Mountstephens J., Teo J. Emotion Recognition Using Eye-Tracking: Taxonomy, Review and Current Challenges. *Sensors (Basel)*. 2020;20(8):2384. doi: 10.3390/s20082384
9. Moates A.F., Ivleva E.I., O'Neill H.B. et al. Predictive pursuit association with deficits in working memory in psychosis. *Biol Psychiatry*. 2012;72(9):752–7. doi: 10.1016/j.biopsych.2012.03.030
10. Miskowiak K.W., Seeborg I., Kjaerstad H.L. et al. Affective cognition in bipolar disorder: A systematic review by the ISBD targeting cognition task force. *Bipolar Disord*. 2019;21(8):686–719. doi: 10.1111/bdi.12834
11. Buhl C., Sfarlea A., Loechner J. et al. Biased Maintenance of Attention on Sad Faces in Clinically Depressed Youth: An Eye-Tracking Study. *Child Psychiatry Hum Dev*. 2023;54(1):189–201. doi: 10.1007/s10578-021-01229-z
12. García-Blanco A., Salmerón L., Perea M. et al. Attentional biases toward emotional images in the different episodes of bipolar disorder: an eye-tracking study. *Psychiatry research*. 2014;215(3):628–33. doi: 10.1016/j.psychres.2013.12.039
13. Shamai-Leshem D., Linetzy M., Bar-Haim Y. Attention Biases in Previously Depressed Individuals: A Meta-Analysis and Implications for Depression Recurrence. *Cogn Ther Res*. 2022;46:1033–1048. doi: 10.1007/s10608-022-10331-y
14. Yang X., Fridman A.J., Unsworth N. et al. Pupillary motility responses to affectively salient stimuli in individuals with depression or elevated risk of depression: A systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 2023;148:105125. doi: 10.1016/j.neubiorev.2023.105125
15. Ferrari G.R., Möbius M., van Oordorp A. et al. Can't Look Away: An Eye-Tracking Based Attentional Disengagement Training for Depression. *Cognit Ther Res*. 2016;40(5):672–686. doi: 10.1007/s10608-016-9766-0
16. Hertz-Palmor N., Yosef Y., Hallel H. et al. Exploring the 'mood congruency' hypothesis of attention allocation – An eye-tracking study. *J Affect Disord*. 2024;347:619–629. doi: 10.1016/j.jad.2023.12.004
17. Cherednikova D., Akhmetova O. Experimental analysis of attention distortions in patients with depression in the perception of emotions: eye tracking data. *Modern problems of clinical psychology and personality psychology: Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Novosibirsk: Novosibirsk State University Publishing, 2017. (in Russian)
18. Fabisch K., Fitz W., Fabisch H. et al. Sinusoidal smooth pursuit eye tracking at different stimulus frequencies: position error and velocity error before catch-up saccades in schizophrenia and in major depressive disorder. *Aust N Z J Psychiatry*. 2009;43(9):855–65. doi: 10.1080/00048670903107542
19. Li Y., Xu Y., Xia M. et al. Eye Movement Indices in the Study of Depressive Disorder. *Shanghai Arch Psychiatry*. 2016;28(6):326–334. doi: 10.11919/j.issn.1002-0829.216078
20. Lo B.C., Liu J.C. Executive Control in Depressive Rumination: Backward Inhibition and Non-inhibitory Switching Performance in a Modified Mixed Antisaccade Task. *Front Psychol*. 2017;8:136. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00136
21. Hoffmann A., Ettinger U., Montoro C. et al. Cerebral blood flow responses during prosaccade and antisaccade preparation in major depression. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*. 2019;269(7):813–822. doi: 10.1007/s00406-018-0956-5
22. Barsznica Y., Noiret N., Lambert B. et al. Saccadic Eye Movements in Elderly Depressed Patients With Suicidal Behaviors: An Exploratory Eye-Tracking Study. *Front Psychol*. 2021;12:712347. doi: 10.3389/fpsyg.2021.712347
23. Gao M., Xin R., Wang Q. et al. Abnormal eye movement features in patients with depression: Preliminary findings based on eye tracking technology. *Gen Hosp Psychiatry*. 2023;84:25–30. doi: 10.1016/j.genhosppsych.2023.04.010
24. Pople C.B. *Oculomotor Biomarkers of Illness and Response to Transcranial Magnetic Stimulation in Major Depression* (MSc Thesis). Toronto, 2024.
25. Sanchez A., Vazquez C., Marker C. et al. Attentional disengagement predicts stress recovery in depression: an eye-tracking study. *J Abnormal Psychol*. 2013;122(2):303–13. doi: 10.1037/a0031529
26. Duque A., Vázquez C. Double attention bias for positive and negative emotional faces in clinical depression: evidence from an eye-tracking study. *J Beh Ther Exp Psychiatry*. 2015;46:107–114. doi: 10.1016/j.jbtep.2014.09.005
27. Li M., Lu S., Wang G. et al. Alleviated negative rather than positive attentional bias in patients with depression in remission: an eye-tracking study. *J Int Med Res*. 2016;44(5):1072–1086. doi: 10.1177/0300060516662134
28. Lu S., Xu J., Li M. et al. Attentional bias scores in patients with depression and effects of age: a controlled, eye-tracking study. *J Int Med Res*. 2017;45(5):1518–1527. doi: 10.1177/0300060517708920
29. Lazarov A., Ben-Zion Z., Shamai D. et al. Free viewing of sad and happy faces in depression: A potential target for attention bias modification. *J Affect Disord*. 2018;238:94–100. doi: 10.1016/j.jad.2018.05.047
30. Bodenschatz C.M., Skopinceva M., Ruß T. et al. Attentional bias and childhood maltreatment in clinical depression – An eye-tracking study. *J Psychiatr Res*. 2019;112:83–88. doi: 10.1016/j.jpsychires.2019.02.025
31. Figueiredo G.R., Ripka W.L., Romanelli E.F.R. et al. Attentional bias for emotional faces in depressed and non-depressed individuals: an eye-tracking study. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2019;2019:5419–5422. doi: 10.1109/EMBC.2019.8857878
32. Foster C.E., Owens M., Kudina A.Y. et al. Attentional biases to emotional faces among women with a history of single episode versus recurrent major depression. *Cogn Emot*. 2021;35(1):193–198. doi: 10.1080/02699931.2020.1802228
33. Isaac L., Vrijns J.N., Rinck M. et al. Shorter gaze duration for happy faces in current but not remitted depression: evidence from eye movements. *Psychiatry Res*. 2014;218(1–2):79–86. doi: 10.1016/j.psychres.2014.04.002
34. Yaroslavsky I., Allard E.S., Sanchez-Lopez A. Can't look Away: Attention control deficits predict Rumination, depression symptoms and depressive affect in daily Life. *J Affect Disord*. 2019;245:1061–1069. doi: 10.1016/j.jad.2018.11.036

35. Sanchez A., Romero N., De Raedt R. Depression-related difficulties disengaging from negative faces are associated with sustained attention to negative feedback during social evaluation and predict stress recovery. *PLoS One*. 2017;12(3):e0175040. doi: 10.1371/journal.pone.0175040
36. Klawohn J., Bruchnak A., Burani K. et al. Aberrant attentional bias to sad faces in depression and the role of stressful life events: Evidence from an eye-tracking paradigm. *Behav Res Ther*. 2020;135:103762. doi: 10.1016/j.brat.2020.103762
37. Zeng S., Niu J., Zhu J. et al. A Study on Depression Detection Using Eye Tracking. Tang Y., Zu Q., Rodríguez García J. (eds.) *Human Centered Computing. HCC 2018. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Cham, 2019;11354. doi: 10.1007/978-3-030-15127-0_52
38. Suslow T., Günther V., Hensch T. et al. Alexithymia Is Associated With Deficits in Visual Search for Emotional Faces in Clinical Depression. *Front Psychiatry*. 2021;12:668019. doi: 10.3389/fpsy.2021.668019
39. Arenliu A., Konjufca J., Meiran N. et al. Attentional Bias Among High and Low Ruminators: Eye Tracking Study in a Non-Clinical Population. *SAGE Open*. 2023;13(2), 21582440231170804. doi: 10.1177/21582440231170804
40. Yang R., Zheng H., Cao X. et al. Characteristics of attentional bias in adolescents with major depressive disorders: differentiating the impact of anxious distress specifier. *Front Psychiatry*. 2024;15:1352971. doi: 10.3389/fpsy.2024.1352971
41. Bodenschatz C.M., Czepluch F., Kersting A. et al. Efficient visual search for facial emotions in patients with major depression. *BMC Psychiatry*. 2021;21(1):92. doi: 10.1186/s12888-021-03093-6
42. Platt B., Sfarleá A., Buhl C. et al. An Eye-Tracking Study of Attention Biases in Children at High Familial Risk for Depression and Their Parents with Depression. *Child Psychiatry Hum Dev*. 2022;53(1):89–108. doi: 10.1007/s10578-020-01105-2
43. Von Koch L., Kathmann N., Reuter B. Lack of speeded disengagement from facial expressions of disgust in remitted major depressive disorder: Evidence from an eye-movement study. *Behav Res Ther*. 2023;160:104231. doi: 10.1016/j.brat.2022.104231
44. Sun R., Fietz J., Erhart M. et al. Free-viewing gaze patterns reveal a mood-congruency bias in MDD during an affective fMRI/eye-tracking task. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*. 2024;274(3):559–571. doi: 10.1007/s00406-023-01608-8
45. Imbert L., Neige C., Moirand R. et al. Eye-tracking evidence of a relationship between attentional bias for emotional faces and depression severity in patients with treatment-resistant depression. *Sci Rep*. 2024;14:12000. doi: 10.1038/s41598-024-62251-4
46. Fu X., Bolton S.H., Morningstar M. et al. Young Children of Mothers with a History of Depression Show Attention Bias to Sad Faces: An Eye-tracking Study. *Res Child Adolesc Psychopathol*. 2024. doi: 10.1007/s10802-024-01205-w
47. Kellough J.L., Beevers C.G., Ellis A.J. et al. Time course of selective attention in clinically depressed young adults: an eye tracking study. *Behav Res Ther*. 2008;46(11):1238–43. doi: 10.1016/j.brat.2008.07.004
48. Bianchi R., Laurent E. Emotional information processing in depression and burnout: an eye-tracking study. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci*. 2015;265(1):27–34. doi: 10.1007/s00406-014-0549-x
49. Ferguson H.J., Cane J. Tracking the impact of depression in a perspective-taking task. *Sci Rep*. 2017;7(1):14821. doi: 10.1038/s41598-017-13922-y
50. Holas P., Krejtz I., Rusanowska M. et al. Attention to negative words predicts daily rumination among people with clinical depression: evidence from an eye tracking and daily diary study. *Cogn Emot*. 2019;33(6):1277–1283. doi: 10.1080/02699931.2018.1541168
51. Rantanen M., Hautala J., Loberg O. et al. Attentional bias towards interpersonal aggression in depression – an eye movement study. *Scand J Psychol*. 2021;62(5):639–647. doi: 10.1111/sjop.12735
52. Li H., Li Z., Lyu G. et al. Suicide-relevant information processing in unipolar and bipolar depression: An eye-tracking study. *J Psychopathol Clin Sci*. 2023;132(4):361–371. doi: 10.1037/abn0000807
53. Lueck J.A., Brannon G.E., Silva T., Stephenson M.T. Depression's response to fear tactics: An integration of health promotion principles, eye-tracking technology and clinical tools. *Patient Educ Couns*. 2019;102(6):1178–1186. doi: 10.1016/j.pec.2019.02.001
54. Ding X., Yue X., Zheng R. et al. Classifying major depression patients and healthy controls using EEG, eye tracking and galvanic skin response data. *J Affect Disord*. 2019;251:156–161. doi: 10.1016/j.jad.2019.03.058
55. Akram U., Ellis J.G., Cau G. et al. Eye tracking and attentional bias for depressive internet memes in depression. *Exp Brain Res*. 2021;239(2):575–581. doi: 10.1007/s00221-020-06001-8
56. Xu Y., Zheng P., Feng W. et al. Patterns of attentional bias in antenatal depression: an eye-tracking study. *Front Behav Neurosci*. 2023;17:1288616. doi: 10.3389/fnbeh.2023.1288616
57. Lanza C., Müller C., Riepe M.W. Positive mood on negative self-statements: paradoxical intervention in geriatric patients with major depressive disorder. *Aging Ment Health*. 2018;22(6):748–754. doi: 10.1080/13607863.2017.1306834
58. Lu S., Huang S., Zhang Y. et al. Detection of High-Risk Depression Groups Based on Eye-Tracking Data. *Pattern Recognition and Computer Vision: Third Chinese Conference, PRCV 2020, Nanjing, China*. Springer International Publishing, 2022. doi: 10.1007/978-3-030-60639-8_41
59. Yang M., Cai C., Hu B. Clustering based on eye tracking data for depression recognition. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*. 2022;15(4). doi: 10.1109/TCDS.2022.3223128
60. Li Y., Zhang X., Zhang X. et al. A local optical flow eye-tracking method for depression detection. *AIP Advances*. 2023;13(9):095313. doi: 10.1063/5.0151927
61. Zheng Z., Liang L., Luo X. et al. Diagnosing and tracking depression based on eye movement in response to virtual reality. *Front Psychiatry*. 2024;15:1280935. doi: 10.3389/fpsy.2024.1280935
62. Chen S., Zhou R., Cui H. et al. Deficits in cue detection underlie event-based prospective memory impairment in major depression: an eye tracking study. *Psychiatry Res*. 2013;209(3):453–8. doi: 10.1016/j.psychres.2013.01.015
63. Nemeth V.L., Csete G., Drotos G. et al. The Effect of Emotion and Reward Contingencies on Relational Memory in Major Depression: An Eye-Movement Study with Follow-Up. *Front Psychol*. 2016;7:1849. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01849
64. Stolicyn A., Steele J.D., Seriès P. Prediction of depression symptoms in individual subjects with face and eye movement tracking. *Psychol Med*. 2022;52(9):1784–1792. doi: 10.1017/S0033291720003608
65. Zhu D., Wang Y., Wang H. et al. Assessment of eye tracking and facial expression as a model for depression identification: A preliminary study. *Gen Hosp Psychiatry*. 2024;87:144–145. doi: 10.1016/j.genhosppsych.2023.09.004
66. Wehebrink K.S., Koelkebeck K., Piest S. et al. Pupil mimicry and trust – Implication for depression. *J Psychiatr Res*. 2018;97:70–76. doi: 10.1016/j.jpsychires.2017.11.007
67. Spaeth A.M., Koenig S., Everaert J. et al. Are depressive symptoms linked to a reduced pupillary response to novel positive information? – An eye tracking proof-of-concept study. *Front Psychol*. 2024;15:1253045. doi: 10.3389/fpsyg.2024.1253045
68. Brendler A., Schneider M., Elbau I.G. et al. Assessing hypo-arousal during reward anticipation with pupillometry in patients with major depressive disorder: replication and correlations with anhedonia. *Sci Rep*. 2024;14(1):344. doi: 10.1038/s41598-023-48792-0