

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО СТРЕССОВОГО РАССТРОЙСТВА (НАУЧНЫЙ ОБЗОР)

© Шелепин К.Ю., Шелепин Е.Ю., Скуратова К.А., Чаусов А.С., Зубко В.М.

Шелепин К.Ю. – Директор Института когнитивных наук и нейротехнологий ФГБУ «НМИЦ ПН им. В. П. Сербского» Минздрава России, кандидат медицинских наук
e-mail: shelepink@yandex.ru
Адрес: 119034, Москва, Кропоткинский переулок, 23; Российская Федерация

Шелепин Е.Ю. - младший научный сотрудник ФГБУН Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН; генеральный директор ООО «Нейроиконика Ассистив»
e-mail: ShelepinEY@infran.ru
Адрес: 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.6.; Российская Федерация

Скуратова К.А. - младший научный сотрудник ФГБУН Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН; ООО «Нейроиконика Ассистив»
e-mail: kseskuratova@gmail.com
Адрес: 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д.6.; Российская Федерация

Чаусов А.С. - младший научный сотрудник Института когнитивных наук и нейротехнологий ФГБУ «НМИЦ ПН им. В. П. Сербского» Минздрава России
e-mail: chausov.a@serbsky.ru
Адрес: 119034, Москва, Кропоткинский переулок, 23; Российская Федерация

Зубко В.М. – младший научный сотрудник Института когнитивных наук и нейротехнологий ФГБУ «НМИЦ ПН им. В. П. Сербского» Минздрава России
e-mail: q158veronika@gmail.com
Адрес: 119034, Москва, Кропоткинский переулок, 23; Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) — тяжелое психическое состояние, возникающее после психотравмирующих событий и приводящее к стойким нарушениям эмоциональной, когнитивной и поведенческой сфер. Актуальность его диагностики возрастает в условиях социально-экономических кризисов, военных конфликтов и роста числа пострадавших от насилия. Несвоевременное выявление ПТСР влечет серьезные последствия: соматические заболевания, снижение трудоспособности, социальную дезадаптацию и суицидальные риски.

Цель: анализ современных и перспективных методов диагностики посттравматического стрессового расстройства.

Результаты. В основной части обзора рассматриваются современные методы диагностики ПТСР: 1. Традиционные клинические опросники и интервью, обладающие высокой валидностью, но ограниченные субъективностью и временными затратами; 2. Биомаркеры ПТСР: кортизол, ГАМК, провоспалительные цитокины, а также нейровизуализационные (фМРТ, ЭЭГ) и электрофизиологические (кожная проводимость, вариабельность сердечного ритма); 3. Выявление смещения внимания к угрожающим стимулам через анализ движений глаз и диаметра зрачка при помощи Айтрекинга; 4. Применение цифровых диагностических платформ (PTSD Coach, Coviu) для дистанционного скрининга и мониторинга симптомов ПТСР; 5. Модели машинного обучения, анализирующие текстовые, ЭЭГ- и генетические данные для повышения точности диагностики.

Выводы. Перспективы развития диагностики ПТСР связаны с интеграцией мультимодальных подходов, включая биосенсоры для непрерывного мониторинга кортизола, портативные нейровизуализационные системы (инфракрасная спектроскопия) и персонализированные алгоритмы на основе ИИ. А также с решением методологических проблем — стандартизации методов, интерпретируемости моделей и этических аспектов.

Совершенствование диагностики ПТСР требует комбинации традиционных и инновационных методов, что позволит улучшить раннее выявление, терапию и качество жизни пациентов.

Ключевые слова: *посттравматическое стрессовое расстройство, ПТСР, диагностика, биомаркеры, внимание.*

Статья подготовлена в ходе выполнения научной темы двух Государственных заданий.

1. Аппаратно-программный комплекс для диагностики эмоциональных и когнитивных нарушений при расстройствах, связанных со стрессом, с использованием синхронной регистрации показателей видеоокулографии и других психофизиологических параметров. Регистрационный номер: 125013101179-7

2. Аппаратно-программный комплекс ассистивной коммуникации для диагностики аффективных и когнитивных нарушений у пациентов, утративших навыки экспрессивной речи и произвольных движений. Регистрационный номер: 125013001136-1

Введение

Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) является одним из наиболее распространенных и серьезных последствий психотравмирующих событий. Оно сопровождается стойкими изменениями в эмоциональной сфере, когнитивных процессах и поведенческих реакциях, что значительно ухудшает качество жизни пациентов. Распространенность ПТСР обуславливает необходимость совершенствования методов его диагностики, что особенно актуально в условиях роста социально-экономической нестабильности, военных конфликтов и увеличения числа людей, подвергшихся насилию или катастрофическим событиям.

Своевременная диагностика ПТСР позволяет пациентам получить доступ к необходимой терапии, что может значительно улучшить их качество жизни. Однако гетерогенность клинических проявлений ПТСР вызывает трудности при его диагностике (Ахапкин Р.В., Вазагаева Т.И., 2025). К основным последствиям своевременно не диагностированного ПТСР и отсутствия лечения относятся:

- сердечно-сосудистые заболевания, нарушения сна и другие соматические и психические нарушения (Nievergelt С.М. et al., 2019);
- потеря производительности на рабочем месте, повышение уровня безработицы среди людей с ПТСР и увеличение затрат на здравоохранение (Burbach L. et al., 2024);
- социальная изоляция, ухудшение качества жизни, повышенный уровень саморазрушительного поведения и суицидальных попыток (Gagnon-Sanschagrin P. et al., 2023).

Таким образом, ранняя диагностика ПТСР не только способствует улучшению состояния здоровья отдельных пациентов, но и имеет важное значение для общественного здравоохранения в целом. Необходимо повышать осведомленность о симптомах ПТСР среди медицинских работников и населения, чтобы обеспечить более раннее выявление и лечение этого расстройства.

Цель данного обзора – рассмотреть современные методы диагностики ПТСР, их эффективность, ограничения и перспективы дальнейшего развития. В центре внимания находятся как традиционные психометрические инструменты, так и инновационные технологии, включая биомаркеры, машинное обучение и цифровые решения. Анализируя существующие подходы, важно оценить их диагностическую точность, применимость в клинической практике и потенциал для дальнейшего совершенствования.

Опросники и структурированные клинические интервью

Опросники для диагностики ПТСР обладают высокой валидностью и надежностью, позволяя оценивать выраженность симптоматики расстройства на основе стандартизированных критериев. Они просты в использовании и требуют минимальной подготовки для специалистов. Кроме того, опросники можно заполнить за короткое время, что особенно важно в условиях ограниченного времени на приеме.

Хотя опросники могут эффективно собирать данные о симптомах, они могут не предоставить той глубины, которую дает структурированное клиническое интервью. Важные контекстуальные факторы, касающиеся травматических событий, могут быть упущены, что может повлиять на планирование лечения.

Несмотря на это, клинические интервью тоже имеют ограничения. Во-первых, проведение интервью требует значительных временных затрат. Во-вторых, интервью требует наличия квалифицированного специалиста для его проведения. Также существует риск субъективности в интерпретации ответов пациента, что может повлиять на окончательную оценку состояния.

Среди опросников, показывающих высокую диагностическую точность среди военнослужащих, можно выделить следующие тесты:

Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5 (CAPS-5)

Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5 (CAPS-5) - комплексное структурированное интервью, предназначенное для оценки посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) в соответствии с критериями, установленными в DSM-5. Оно состоит из 30 пунктов, которые позволяют ставить диагноз ПТСР, а также оценивать тяжесть симптомов за последний месяц или неделю. CAPS-5 не только оценивает 20 основных симптомов ПТСР, но также рассматривает начало, продолжительность и влияние этих симптомов на социальное и профессиональное функционирование человека. Для проведения интервью необходимо определить конкретное травматическое событие, которое станет основой для оценки (Weathers F.W. et al., 2018). CAPS-5 рекомендуется использовать в сочетании с опросником Life Events Checklist for DSM-5 (LEC-5) для идентификации травматических событий (Weathers F.W. et al., 2013a).

CAPS-5 считается золотым стандартом в оценке ПТСР благодаря своим сильным психометрическим свойствам, включая высокую внутреннюю согласованность ($\alpha = .88$), межэкспертную согласованность ($\kappa = .78$) и тестирование с повторным измерением ($\kappa = .83$), что делает его подходящим как для клинических, так и для исследовательских условий (Weathers F.W. et al., 2018). CAPS-5 также показал хорошую конвергентную валидность с другими методами диагностики ПТСР, например, PCL-5 (Wojujutari A.K. et al., 2024) и PCL-C ($r = .66$ для обоих), и был эффективно использован в различных популяциях, включая военнослужащих (Resick P.A. et al., 2023).

Mississippi Scale for Combat-Related PTSD

Mississippi Scale for Combat-Related PTSD (M-PTSD) - 35-пунктовый опросник самоотчета, специально разработанный для оценки симптомов ПТСР у ветеранов боевых действий. Он был широко валидирован и признан за свою надежность и валидность в измерении ПТСР у комбатантов. М-PTSD обладает высокой внутренней согласованностью ($\alpha = .92$), чувствительность 68%–81% и специфичностью 61%–70% в зависимости от периода службы. Шкала включает вопросы, которые касаются основных симптомов ПТСР, а также дополнительные пункты, отражающие уникальный опыт ветеранов (Bhattarai J.J. et al., 2020). М-PTSD имеет адаптацию для российской выборки, предложенную и апробированную Н. В. Тарабриной с соавторами (Тарабрина Н.В., 2001).

Primary Care PTSD Screen for DSM-5 (PC-PTSD-5)

Primary Care PTSD Screen for DSM-5 (PC-PTSD-5) - это инструмент для скрининга, предназначенный для выявления вероятности ПТСР. Он состоит из пяти вопросов и был разработан с учетом диагностических критериев DSM-5 (Prins A. et al., 2016).

PC-PTSD-5 имеет чувствительность 81.25%–100%, специфичность 80.54%–88.31% и точность 72.34%–90.48% для выборки ветеранов в зависимости от пола, возраста, национальности, коморбидных расстройств и других характеристик (Tiet Q.Q., Tiet T.N., 2024). Результаты исследования шкалой PC-PTSD-5, полученные на российской выборке комбатантов, согласуются с таковыми в предыдущих исследованиях на иностранных выборках. Помимо этого, общие результаты и данные по отдельным субшкалам PS-PTSD-5 при исследовании российской выборки комбатантов демонстрируют значимые корреляции с таковыми в военном варианте М-PTSD, что делает PS-PTSD-5 предпочтительным вариантом диагностики ПТСР в условиях дефицита времени (Плужник М.С. и др., 2024).

Для оценки симптомов ПТСР широко используются также следующие тесты-опросники:

PTSD Symptom Scale Interview for DSM-5 (PSS-I-5)

PTSD Symptom Scale Interview for DSM-5 (PSS-I-5) - широко используемое полуструктурированное клиническое интервью, предназначенное для оценки симптомов ПТСР за последний месяц. Он состоит из 24 пунктов, которые оценивают частоту и интенсивность симптомов ПТСР в соответствии с критериями DSM-5. PSS-I-5 начинается с скрининга на наличие травмы, а затем оценивает 20 конкретных симптомов ПТСР, а также дополнительные вопросы о страданиях, влиянии на повседневную жизнь и начале и продолжительности симптомов. Каждый симптом оценивается по 5-балльной шкале, что позволяет получить полное представление о тяжести симптомов ПТСР (Foa E.B. et al., 2016).

PSS-I-5 демонстрирует отличные психометрические свойства, включая высокую межэкспертную согласованность ($\kappa = .84$) и внутреннюю согласованность ($\alpha = .77$), что делает его надежным инструментом как для клинических, так и для исследовательских целей (Foa E.B. et al., 2016).

PTSD Checklist for DSM-5 (PCL-5)

PTSD Checklist for DSM-5 (PCL-5) - широко используемый 20-пунктовый опросник самоотчета, предназначенный для оценки симптомов посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) в соответствии с критериями DSM-5. Он служит нескольким целям, включая скрининг на наличие ПТСР и мониторинг изменений симптомов со временем.

PCL-5 охватывает четыре симптоматических кластера ПТСР: повторное переживание, избегание, негативные изменения в когнитивной сфере и настроении, а также повышенная возбудимость (Weathers F.W. et al., 2013b). Опросник ценен как в клинической, так и в исследовательской практике благодаря своим психометрическим свойствам, которые подтверждают его надежность и валидность (Forkus S.R. et al., 2023). PCL-5 адаптирован на русский язык Н. В. Тарабриной с соавторами. Адаптация имеет высокую надежность ($\alpha = 0.93$) и тест-ретест надежностью ($p > 0.05$ для критерия Т-Вилкоксона для зависимых выборок) (Тарабрина Н.В. и др., 2017).

Impact of Event Scale-Revised (IES-R)

Impact of Event Scale-Revised (IES-R) - это широко используемый инструмент для оценки симптомов посттравматического стрессового расстройства (ПТСР). Он был разработан для измерения субъективного стресса, вызванного конкретным травматическим событием, и состоит из 22 вопросов. IES-R включает три подшкалы, отражающие основные симптомы ПТСР: вторжение, избегание и гипервозбуждение. Каждый вопрос оценивается по шкале от 0 (совсем нет) до 4 (очень сильно), что позволяет оценить уровень дистресса за последние семь дней (Weiss D.S., Marmar C.R., 1997).

Исследования показывают, что IES-R обладает высокой чувствительности (85% – 87%) и специфичности (73% – 83%) для разных выборок (Ali A.M. et al., 2023). Результаты подтверждают двухфакторную структуру шкалы, а также ее способность различать уровни дистресса у различных групп населения (Abas M.A. et al., 2023). IES-R адаптирована на русский язык, а также имеет модификацию для оценки эмоционально-личностных изменений в связи с восприятием угрозы радиационной опасности за авторством Н. В. Тарабриной (Мельницкая Т.Б. и др., 2011).

Structured Clinical Interview for DSM-5 (SCID-5)

Structured Clinical Interview for DSM-5 (SCID-5) - полуструктурированное клиническое интервью, предназначенное для облегчения диагностики основных психиатрических расстройств в соответствии с критериями DSM-5. Проводимое подготовленными специалистами, SCID-5 помогает обеспечить систематическую оценку диагнозов, что делает его важным инструментом как в клинической, так и в исследовательской практике. Интервью охватывает широкий спектр расстройств, включая расстройства настроения, тревожные расстройства, ПТСР и расстройства, связанные с употреблением веществ (The Structured Clinical Interview for DSM-5 (SCID-5) // American Psychiatric Association).

Исследования подчеркивают необходимость потенциальных модификаций существующих диагностических критериев для улучшения специфичности диагностики ПТСР и снижения уровня коморбидности (Green J.D. et al., 2017). Предыдущая версия, SCID-IV, была успешно адаптирована и валидирована на русском языке на выборке из русский эмигрантах в США (Gutkovich Z., 2013).

Structured Interview for PTSD (SI-PTSD)

Structured Interview for PTSD (SI-PTSD) - клиническое интервью, предназначенное для оценки 17 симптомов посттравматического стрессового расстройства (ПТСР), а также выживания и поведенческой вины. Интервью позволяет оценить как частоту, так и интенсивность симптомов (Davidson J.T.R. et al., Assessment and pharmacotherapy of posttraumatic stress disorder. In J.E.L. Giller (Ed.), Biological assessment and treatment of posttraumatic stress disorder // National Center for PTSD).

Международный опросник травмы (International Trauma Questionnaire, ITQ) — это валидизированный самоотчетный инструмент, предназначенный для диагностики и оценки тяжести посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) и комплексного ПТСР (КПТСР) в соответствии с критериями ICD-11. ITQ применяется как в клинических, так и в исследовательских целях, охватывает характерные симптомы ПТСР и дополнительные нарушения саморегуляции, свойственные КПТСР (Cloitre M. et al., 2021). По результатам адаптации и валидации опросника была выявлена высокая внутренняя согласованность: $\alpha = 0.78–0.93$ для всех субшкал, кроме субшкалы “Вторжение” ($\alpha = 0.65$) и подтверждена двухфакторная структура опросника (Падун М.А., 2022).

Роль биомаркеров в диагностике ПТСР

Биохимические маркеры

Кортизол, известный как гормон стресса, является одним из наиболее изучаемых биомаркеров ПТСР. Важно то, что уровень кортизола может быть снижен у пациентов с ПТСР в условиях длительных стрессовых ситуаций. Это снижение может указывать на дисфункцию оси гипоталамус-гипофиз-надпочечники (ГГН), что делает кортизол перспективным биомаркером для диагностики и мониторинга состояния пациентов с ПТСР (Ben-Zion Z. et al., 2020). Именно поэтому идет разработка технологий контроля уровня кортизола в процессе деятельности человека в сложной боевой или производственной обстановке.

Одним из значительных достижений в этой области стало создание носимой системы мониторинга кортизола на основе биосенсоров с полевым транзистором (FET), использующей новый аптамер к кортизолу. Эта система была внедрена в формат смарт-часов и позволяет в реальном времени и непрерывно отслеживать уровень кортизола в поте человека. Однако содержание кортизола в поте намного ниже, чем в слюне крови, поэтому для точного определения концентрации кортизола в поте необходим высокочувствительный электрохимический датчик. Сенсор основан на тонкопленочных транзисторах In_2O_3 и обеспечивает высокую чувствительность и селективность благодаря использованию специально отобранного ДНК-аптамера, способного специфически связываться с молекулой кортизола. Связывание кортизола вызывает изменения в конформации аптамера, что приводит к изменению поверхностного заряда и позволяет фиксировать уровень гормона с помощью электронного сигнала (Wang B. et al., 2022).

Была проведена клиническая валидация с использованием теста социального стресса Трира (TSST), в ходе которой отслеживался уровень кортизола в слюне у участников. Полученные данные показали высокую корреляцию между уровнями кортизола в слюне и поте, что подтверждает возможность использования пота в качестве надежной биологической жидкости для неинвазивного мониторинга гормона стресса. Уровни кортизола изменялись в зависимости от времени суток и психологической нагрузки, что открывает возможности применения этих технологий для оценки психофизиологического состояния в динамике и в реальных условиях (Wang B. et al., 2022).

Последние разработки еще больше расширяют эти возможности. Была предложена ультратонкая носимая система, способная одновременно измерять несколько биомаркеров стресса, включая кортизол, с применением гибкой электронной архитектуры на мягкой подложке. Особенностью данной технологии является интеграция нескольких сенсорных каналов (в том числе для Na^+ , K^+ , температуры и электрической проводимости), что позволяет учитывать индивидуальные физиологические колебания и повышает точность интерпретации данных (Wang C. et al., 2024).

Дополнительно была разработана машинная модель предсказания уровня кортизола на основе многоканальных данных с датчиков, что особенно важно в динамичной среде. Система протестирована на военных добровольцах в условиях моделирования боевых задач и показала высокую точность в распознавании состояний острого и хронического стресса.

Подобные интегрированные платформы открывают новые перспективы для непрерывного мониторинга психофизиологического состояния человека и раннего выявления симптомов ПТСР в реальном времени (Wang C. et al., 2024).

Российское исследование показало, что уровень гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) значительно ниже в группе с ПТСР по сравнению со здоровыми лицами контрольной группы. Авторы предлагают рассматривать ГАМК как потенциальный маркер затяжного характера ПТСР (Feklicheva I. et al., 2022).

Повышенные уровни провоспалительных цитокинов, таких как IL-6 и TNF- α , также связаны с ПТСР. Известно, что цитокины являются группой гормоноподобных белков и пептидов, которые синтезируются и секретируются клетками иммунной системы и другими типами клеток. Воспалительные процессы могут играть ключевую роль в патофизиологии расстройства. Изучение этих маркеров может помочь в ранней диагностике и понимании механизмов ПТСР (Al Jowf G.I. et al., 2023).

Также в одном из исследований были обнаружены изменения в уровнях липопротеинов высокой и низкой плотности (ЛПВП и ЛПНП) у пациентов с ПТСР по сравнению с контрольной группой. Изменения уровня липопротеинов в крови у пациентов с ПТСР может отражать и изменения уровня кортизола, поскольку синтез этого гормона идет из холестерина, поставляемого кровью в составе ЛПНП. Эти изменения указывают на метаболические нарушения липидного обмена, связанные с ПТСР (Maguire D. et al., 2021).

Электрическая активность кожи

У пациентов с ПТСР наблюдается повышенная проводимость кожи в ответ на стрессовые стимулы, что указывает на повышенную реактивность к эмоциональным триггерам. При этом наблюдаются более выраженные и частые колебания проводимости, что может свидетельствовать о нестабильности эмоционального состояния. Нормализация проводимости происходит медленнее, что свидетельствует о длительном воздействии стресса на физиологические процессы (Meinhausen C. et al., 2023).

Сердечная активность

У людей с ПТСР наблюдается более высокий уровень пульса в состоянии покоя и сниженная вариабельность сердечного ритма, что указывает на повышенную активность симпатической нервной системы. Это состояние гипервозбуждения может привести к хроническому сердечно-сосудистому стрессу, способствуя долгосрочным проблемам со здоровьем (O'Donnell C.J. et al., 2021).

Нейровизуализационные маркеры

Исследования показывают, что паттерны активации мозга, наблюдаемые при фМРТ, могут быть использованы для прогнозирования развития ПТСР после травматического события (Henigsberg N. et al., 2019).

У пациентов с ПТСР наблюдается снижение активности префронтальной коры, что связано с ухудшением когнитивных функций и регуляции эмоций. Это может привести к трудностям в контроле над страхом и импульсивным поведением. Также исследования показывают уменьшение объема префронтальной коры, что может быть связано с длительным воздействием стресса (Hinojosa C.A. et al., 2024).

Новые возможности открывает инфракрасная спектроскопия мозга. Функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия представляет собой неинвазивный метод нейровизуализации, основанный на измерении изменений концентрации оксигемоглобина и дезоксигемоглобина в тканях мозга (Chen W.L. et al., 2020). Исследования с использованием данного метода выявили изменения в активности префронтальной коры у пациентов с ПТСР во время выполнения когнитивных задач (Balters S. et al., 2021). У ветеранов боевых действий с ПТСР обнаружено снижение активации левой дорсолатеральной префронтальной коры во время выполнения теста Струпа по сравнению со здоровыми контролями. Данное снижение активации может отражать нарушение механизмов селективного внимания и когнитивного контроля (Yennu A. et al., 2016). При выполнении задач на рабочую память пациенты с ПТСР демонстрируют активацию

префронтальной коры на стадии кодирования информации, однако затем следует выраженная деактивация во время извлечения информации. Этот паттерн "активация-деактивация" особенно выражен в правой дорсолатеральной префронтальной области и может отражать активное подавление префронтальной нейрональной активности во время извлечения информации из рабочей памяти (Tian F. et al., 2014).

Гиппокамп, отвечающий за память и обучение, демонстрирует сниженное функционирование у пациентов с ПТСР. Это приводит к проблемам в формировании новых воспоминаний и обработке информации. Уменьшение объема гиппокампа также является распространенной находкой среди людей с ПТСР, что может указывать на его роль в патогенезе расстройства (Harnett N.G. et al., 2013).

Миндалевидное тело, ключевая структура для обработки страха и эмоциональных реакций, часто показывает гиперактивность у пациентов с ПТСР. Это может приводить к усилению страха и тревожности (Hinojosa C.A. et al., 2024).

Изменения в передней поясной коре связаны с нарушениями в эмоциональной регуляции. Это может быть связано с симптомом эмоциональной дисрегуляции, характерным для ПТСР (Invernizzi A. et al., 2023).

Портативная система функциональной ближней инфракрасной спектроскопии была успешно использована для предсказания тяжести симптомов ПТСР у подростков. Исследование выявило десять признаков (включая кортикальные ответы от восьми фронтокортикальных каналов), которые сильно коррелировали с тяжестью симптомов ПТСР ($r=0,65$, $p<0,001$). Данные результаты подтверждают потенциал функциональной ближней инфракрасной спектроскопии как портативного инструмента для выявления потенциальных биомаркеров ПТСР (Balters S. et al., 2021).

ЭЭГ исследования выявили изменения спектральной мощности. Наиболее часто отмечаемое изменение - это снижение мощности альфа-ритма, которое может отражать повышенную возбудимость коры головного мозга и нарушение процессов торможения (Butt M. et al., 2019).

Альфа-асимметрия может выступать одним из ключевых нейрофизиологических маркеров при ПТСР, отражая нарушения в эмоциональной регуляции и когнитивных процессах. У пациентов с ПТСР наблюдается более выраженная правосторонняя теменная асимметрия в альфа-диапазоне, что ассоциируется с повышенным физиологическим возбуждением и затрудненной фильтрацией внешних раздражителей. Этот феномен не только служит потенциальным биомаркером для диагностики и оценки тяжести ПТСР, но и коррелирует с интенсивностью специфических симптомов, таких как избегание и гипервозбуждение (Butt M. et al., 2019).

Также у пациентов с ПТСР тета-активность на ЭЭГ проявляется раньше в ответ на стимулы и оказывается значимо мощнее по сравнению с контрольной группой (Телешкова и др., 2024; McLoughlin G. et al., 2022). Исследования на грызунах и людях показали, что извлечение и выражение связанных со страхом воспоминаний ассоциируются с повышенной тета-активностью. Это может объяснять симптомы ПТСР, связанные с навязчивыми воспоминаниями о травматическом опыте (Gill J.L. et al., 2023). Также обнаружено, что мощность тета-ритма в правой префронтальной области во время фазы быстрого сна может служить биомаркером способности к адаптивной обработке эмоциональной памяти у людей, подвергшихся травме (Cowdin N. et al., 2014).

У пациентов с ПТСР в фазе медленного сна (NREM) наблюдается значительное снижение спектральной мощности медленных колебаний и усиление высокочастотной активности по сравнению с контрольной группой. Данные изменения наиболее выражены над правыми фронтальными областями и коррелируют с симптомами бессонницы. В фазе быстрого сна (REM) при ПТСР регистрируется выраженный сдвиг спектральной мощности в противоположном направлении – увеличение мощности медленных колебаний над затылочными областями, что имеет сильную связь с частотой кошмарных сновидений и, в меньшей степени, с бессонницей (de Boer M. et al., 2020).

Генетические и эпигенетические биомаркеры

Исследования обнаружили генетическую предрасположенность к ПТСР (Nievergelt C.M. et al., 2019). Анализ данных более 200,000 человек выявил, что наследуемость ПТСР сопоставима с другими психическими расстройствами (Duncan L.E. et al., 2017).

В масштабном исследовании, охватывающем более 1.2 миллиона человек, были идентифицированы 95 локусов в геноме, связанных с риском развития ПТСР. Эти находки подчеркивают сложность генетических факторов, влияющих на это расстройство (Nievergelt C.M. et al., 2024).

Генетический анализ также показал сходства между ПТСР и другими психическими заболеваниями, такими как тревожные расстройства и биполярное расстройство (Stein M.B. et al., 2021).

Эпигенетические факторы играют важную роль в том, как индивидуум реагирует на травму. Исследования показывают, что изменения в метилировании ДНК могут влиять на выражение генов, связанных с реакцией на стресс и восстановлением после травмы (Smith A.K. et al., 2020). Одно из исследований впервые идентифицировало и валидировало эпигенетические биотипы ПТСР у ветеранов и действующих военнослужащих. Эти биотипы могут помочь в понимании различных реакций на травму и в разработке более целенаправленных методов диагностики и лечения (Yang R. et al., 2021).

Смещение внимания при ПТСР и айтрекинг

Смещение избирательного внимания в сторону угроз способствует повторному появлению травматических воспоминаний, что лежит в основе симптомов повторного переживания и сверхбдительности при ПТСР (Eli B. et al., 2023).

У пациентов с ПТСР наблюдается предвзятость внимания в отношении стимулов, связанных с травмой, а также угрожающих стимулов. Это может проявляться как повышение скорости и точности обнаружения подобных стимулов, так и как длительную задержку внимания на них. Например, исследование с использованием Эмоциональной задачи Струпа показало, что участники с ПТСР испытывали трудности в переключении внимания со слов, связанных с травмой. Исследования с использованием метода отслеживания движений глаз подтверждают данные о повышенном устойчивом внимании к негативным сценам у пациентов с ПТСР (Veerapa E. et al., 2023).

Также пациенты с ПТСР демонстрируют дефицит контроля внимания при наличии угрожающих стимулов, что проявляется в более высоких значениях такого параметра как изменчивость смещения внимания. Это нарушение специфично для ПТСР и не наблюдается при других психических расстройствах (Swick D., Ashley V., 2017).

Таким образом технология отслеживания движений глаз может служить объективным инструментом для диагностики ПТСР. Пациенты с ПТСР демонстрируют специфические окуломоторные паттерны, которые могут быть использованы в качестве биомаркеров для выявления расстройства (Lazarov A. et al., 2022).

Исследования с использованием айтрекинга выявляют у пациентов с ПТСР более длительное время фиксации взгляда на негативных и угрожающих стимулах по сравнению с контрольными группами. Это устойчивое внимание к негативным стимулам сохраняется даже при длительном воздействии, в то время как у здоровых людей оно со временем снижается (Veerapa E. et al., 2023). Кроме того, пациенты с ПТСР показывают повышенную вариабельность смещения внимания, что может служить когнитивным маркером расстройства (Lev T. et al., 2025).

Особенности саккадических движений глаз также представляют диагностическую ценность. Пациенты с ПТСР демонстрируют более высокую пиковую скорость саккад с учетом их амплитуды, что отражает повышенную "энергичность" саккад и указывает на состояние гипервозбуждения. Данные изменения наблюдаются даже при предъявлении

эмоционально нейтральных стимулов, что свидетельствует о генерализованном нарушении внимания при ПТСР (Jellestad L. et al., 2024).

Диаметр зрачка

Пупиллометрия - измерение изменений размера зрачка - также может использоваться для диагностики ПТСР. У пациентов с ПТСР наблюдается увеличенный размер зрачка при просмотре эмоциональных изображений, что отражает повышенную симпатическую активацию. Кроме того, у них отмечается снижение начального сужения зрачка в ответ на световые стимулы, что указывает на нарушение парасимпатической функции (Jellestad L. et al., 2024).

Цифровой и дистанционный скрининг

Приложение PTSD Test

Приложение PTSD Test является одним из известных мобильных приложений, которое использует опросник PCL-5 для оценки симптомов ПТСР, позволяя пользователям оценивать свои симптомы, отслеживать изменения с течением времени и получать доступ к образовательным ресурсам о ПТСР. Приложение подчеркивает, что оно не является диагностическим инструментом, а диагнозы должны ставиться только квалифицированными специалистами. Пользователи могут устанавливать напоминания для повторного прохождения теста, что способствует постоянному самомониторингу их психического состояния (PTSD Test // App Store).

PTSD Coach

PTSD Coach — это бесплатное мобильное приложение, созданное Национальным центром ПТСР Министерства по делам ветеранов США. Оно предоставляет информацию о ПТСР и инструменты для самопомощи, включая инструменты для скрининга и отслеживания симптомов. Пользователи могут заполнять опросник PCL. Приложение также предлагает надежные сведения о ПТСР и эффективных методах лечения и включает техники релаксации и стратегии преодоления трудных ситуаций (PTSD Coach // National Center for PTSD).

Платформа Coviü

Платформа Coviü интегрировала опросник PCL-5 в свои телемедицинские услуги, позволяя медицинским работникам проводить его во время дистанционных консультаций. Эта функция позволяет пациентам заполнять опросник в цифровом формате, при этом ответы автоматически оцениваются и интерпретируются в реальном времени. Результаты сохраняются в облачном хранилище Coviü и могут быть загружены в формате PDF для оффлайн-просмотра, что гарантирует легкий доступ врача к данным пациентов для последующих консультаций. Платформа работает полностью в браузере, что исключает необходимость установки программного обеспечения, пациенты могут присоединяться к консультациям одним кликом мыши, что снижает барьеры для доступа к помощи. Coviü соответствует стандартам HIPAA и использует шифрование, обеспечивая безопасность данных пациента на протяжении всего процесса консультации (Telehealth & Teleassessment Software for Healthcare // Coviü).

Нейросетевой подход в диагностике ПТСР

Нейросети могут обрабатывать и анализировать текстовые данные, полученные от пациентов, такие как записи интервью, дневники или ответы на опросники. Используя методы обработки естественного языка, нейросети способны выявлять паттерны в языке, которые могут указывать на наличие ПТСР. Нейросети также могут объединять языковые данные с другими клиническими показателями, такими как результаты медицинских обследований и истории болезни. Это позволяет создать более полное представление о состоянии пациента и улучшить точность диагностики (Quillivic R. et al., 2024).

Использование нейросетей позволяет разрабатывать модели, адаптированные к конкретным группам пациентов с учетом их уникальных характеристик и историй травм. Это может включать в себя настройку алгоритмов для учета культурных и социальных факторов, которые могут влиять на восприятие и выражение симптомов ПТСР.

Индивидуализированный подход повышает вероятность успешной диагностики и лечения (Marengo D. et al., 2022).

Машинное обучение также играет ключевую роль в анализе ЭЭГ при ПТСР, предоставляя мощные инструменты для автоматической диагностики, выделения информативных признаков и повышения точности классификации до 80-90%. Алгоритмы способны выявлять сложные паттерны в ЭЭГ-сигналах, недоступные традиционным методам анализа, а также интегрировать данные ЭЭГ с другими биомаркерами для более точной диагностики. Кроме того, машинное обучение позволяет прогнозировать развитие ПТСР на основе ранних ЭЭГ-изменений и оценивать эффективность лечения, анализируя динамику ЭЭГ-показателей. Таким образом, применение методов машинного обучения значительно расширяет возможности использования ЭЭГ в диагностике и мониторинге ПТСР, способствуя развитию более объективных и точных подходов к оценке этого расстройства (Wu Y. et al., 2023).

Нейросети способны автоматизировать процесс анализа данных, что снижает нагрузку на медицинских специалистов и ускоряет процесс диагностики. Автоматизация позволяет врачам сосредоточиться на более сложных аспектах лечения и взаимодействия с пациентами, в то время как нейросети обрабатывают большие объемы данных и предоставляют предварительные результаты.

Заключение. Диагностика ПТСР остается сложной и многогранной задачей, требующей сочетания клинического опыта, психометрических методов и объективных физиологических данных. Несмотря на наличие широко используемых опросников и клинических интервью, их применение сопряжено с рядом ограничений, включая субъективность самоотчета, возможность симуляции, необходимость участия квалифицированного специалиста и влияние коморбидных состояний на точность диагностики.

Современные исследования в области нейрофизиологии, генетики и машинного обучения открывают перспективы для более точной и объективной диагностики ПТСР. Использование биомаркеров, нейровизуализационных данных и анализа электрофизиологических показателей позволяет выявлять специфические паттерны, характерные для данного расстройства. В свою очередь, алгоритмы машинного обучения помогают анализировать большие массивы данных, прогнозировать риск развития ПТСР и индивидуализировать подход к диагностике и лечению.

Метод видеоокулографии выгодно выделяется на фоне других диагностических методов неинвазивностью, высокой временной разрешающей способностью и чувствительностью к тонким когнитивным и аффективным процессам путем фиксации паттернов саккадических движений, фиксации, плавного слежения, скорости реакции и диаметра зрачка, что отражает дисфункцию внимания, гипербдительность и избегание, характерные для ПТСР (Armstrong T. et al., 2013; Kimble M.O. et al., 2010). Однако сложность многомерных пространственно-временных данных видеоокулографии требует инновационных подходов к их обработке и интерпретации. Несмотря на существующие вызовы, связанные с данными, интерпретируемостью моделей, этикой и стандартизацией, потенциал метода огромен. Дальнейшие исследования, направленные на создание крупных стандартизированных датасетов, разработку интерпретируемых и надежных ИИ-алгоритмов, а также валидацию в реальных клинических условиях, являются ключевыми для успешной трансляции этой технологии в практику. Междисциплинарное сотрудничество ученых нейронаук, клиницистов, специалистов по данным и инженеров является необходимым условием для реализации потенциала ВОГ-ИИ в создании новой парадигмы персонализированной и прецизионной психиатрии при ПТСР.

Особое значение приобретает развитие цифровых и дистанционных инструментов диагностики, таких как мобильные приложения и онлайн-платформы, интегрированные с автоматизированными алгоритмами оценки симптомов. Эти методы позволяют расширить

доступ пациентов к раннему скринингу, снизить нагрузку на медицинских специалистов и повысить эффективность мониторинга состояния пациентов в динамике.

Перспективы дальнейшего развития диагностики ПТСР связаны с интеграцией мультидисциплинарных подходов, объединяющих клинические, психометрические, физиологические и цифровые технологии. Важным направлением остается совершенствование персонализированных методов диагностики, учитывающих индивидуальные особенности пациентов и специфические характеристики пережитой травмы. Такой комплексный подход может способствовать более раннему выявлению ПТСР, улучшению прогноза пациентов и повышению качества их жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахапкин, Р.В. Актуальные вопросы диагностики и психофармакотерапии посттравматического стрессового расстройства / Р.В. Ахапкин, Т.И. Вазагаева. – Текст : электронный // Российский психиатрический журнал. - 2025. - № 1. - С. 13-24. – URL : <https://rpj.serbsky.ru/index.php/rpj/article/view/1228> (дата обращения: 12.08.2025)
2. Мельницкая, Т.Б. Шкала оценки влияния травматического события (IES-R) применительно к радиационному фактору / Т.Б. Мельницкая, А.В. Хавыло, Т.В. Белых // Психологические исследования: электрон. науч. журн. - 2011. - №4(19). <https://doi.org/10.54359/ps.v4i19.825>
3. Падун, М.А. Русскоязычная версия «международного опросника травмы»: адаптация и валидизация на неклинической выборке / М.А. Падун, Ю.В. Быховец, Н.Н. Казымова, Ю.Е. Ченцова-Даттон // Консультативная психология и психотерапия. - 2022. - Том 30, № 3. - С. 42-46. doi: <https://doi.org/10.17759/cpp.2022300304>
4. Плужник, М.С. Согласованность показателей по военной миссисипской шкале ПТСР и скрининговой методике PC-PTSD-5 у комбатантов специальной военной операции / М.С. Плужник, В.И. Евдокимов, Т.А. Караваева. – Текст : электронный // Вестник психотерапии. - 2024. - № 92. - – URL : <https://scinetwork.ru/articles/20451> (дата обращения: 12.08.2025)
5. Тарабрина, Н.В. Практикум по психологии посттравматического стресса / Н.В. Тарабрина. - СПб: Питер: Издательский дом «Питер», 2001. - 272 с. – Текст : непосредственный
6. Тарабрина, Н.В. Интенсивный стресс в контексте психологической безопасности / Н.В. Тарабрина, Н.Е. Харламенкова, М.А. Падун [и др.]; под общ. ред. Н.Е. Харламенковой. М.: Изд-во Института психологии РАН, 2017. - 344 с. – Текст : непосредственный
7. Телешева, К.Ю. ЭЭГ-маркеры посттравматического стрессового расстройства у комбатантов: исследование спонтанной электрической активности мозга и сенсорного дозирования информации / К.Ю. Телешева, В.И. Закуражная, И.О. Морозова [и др.]. – Текст : электронный // Российский психиатрический журнал. - 2024. - № 6. - С. 44-57. – URL : ЭЭГ-маркеры посттравматического стрессового расстройства у комбатантов: исследование спонтанной электрической активности мозга и сенсорного дозирования информации | Телешева | Российский психиатрический журнал (дата обращения: 12.08.2025)
8. Abas M.A., Müller M., Gibson L.J. et al. Prevalence of post-traumatic stress disorder and validity of the Impact of Events Scale - Revised in primary care in Zimbabwe, a non-war-affected African country // BJPsych open. - 2023. - №9(2). - e37. doi: <https://doi.org/10.1192/bjo.2022.621>
9. Al Jowf G.I., Ahmed Z.T., Reijnders R.A. et al. To Predict, Prevent, and Manage Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD): A Review of Pathophysiology, Treatment, and Biomarkers // International journal of molecular sciences. - 2023. - №24(6). - 5238. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms24065238>
10. Ali A.M., Al-Dossary S.A., Almarwani A.M. et al. The Impact of Event Scale-Revised: Examining Its Cutoff Scores among Arab Psychiatric Patients and Healthy Adults within the

Context of COVID-19 as a Collective Traumatic Event // Healthcare. - 2023. - №11. - 892. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11060892>

11. Armstrong T., Bilsky S.A., Zhao M., Olatunji B.O. Pathways to avoidance: Eye tracking reveals differential attention mechanisms in PTSD // Journal of Anxiety Disorders. - 2013. - №27(2). - C. 265-271.

12. Balters S., Li R., Espil F.M., Piccirilli A. et al. Functional near-infrared spectroscopy brain imaging predicts symptom severity in youth exposed to traumatic stress // Journal of Psychiatric Research. - 2021. - №144. - C. 494-502. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.10.020>.

13. Ben-Zion Z., Zeevi Y., Keynan N.J. et al. Multi-domain potential biomarkers for post-traumatic stress disorder (PTSD) severity in recent trauma survivors // Translational psychiatry. - 2020. - №10(1). - 208. doi: <https://doi.org/10.1038/s41398-020-00898-z>

14. Bhattarai J.J., Oehlert M.E., Weber D.K. Psychometric properties of the Mississippi Scale for Combat-Related Posttraumatic Stress Disorder based on veterans' period of service // Psychological services. - 2020. - №17(1). - C. 75-83. doi: <https://doi.org/10.1037/ser0000285>.

15. Burback L., Brémault-Phillips S., Nijdam M.J. et al. Treatment of Posttraumatic Stress Disorder: A State-of-the-art Review // Current neuropharmacology. - 2024. - №22(4). - C. 557-635. doi: <https://doi.org/10.2174/1570159X21666230428091433>

16. Butt M., Espinal E., Aupperle R.L. et al. The Electrical Aftermath: Brain Signals of Posttraumatic Stress Disorder Filtered Through a Clinical Lens // Frontiers in psychiatry. - 2019. - №10. - 368. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2019.00368>

17. Chen W.L., Wagner J., Heugel N. et al. Functional Near-Infrared Spectroscopy and Its Clinical Application in the Field of Neuroscience: Advances and Future Directions // Frontiers in neuroscience. - 2020. - №14. - 724. doi: <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00724>

18. Cloitre M., Hyland P., Prins A., Shevlin M. The international trauma questionnaire (ITQ) measures reliable and clinically significant treatment-related change in PTSD and complex PTSD // European journal of psychotraumatology. - 2021. - №12(1). - 1930961. doi: <https://doi.org/10.1080/20008198.2021.1930961>

19. Cowdin N., Kobayashi I., Mellman T. Theta frequency activity during rapid eye movement (REM) sleep is greater in people with resilience versus PTSD // Experimental brain research. - 2014. - №232. - C. 1479-1485. doi: <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3857-5>.

20. Davidson J.T.R., Kudler H.S., Smith R.D. Assessment and pharmacotherapy of posttraumatic stress disorder. In J.E.L. Giller (Ed.), Biological assessment and treatment of posttraumatic stress disorder // National Center for PTSD URL: <https://www.ptsd.va.gov/professional/assessment/adult-int/si-ptsd.asp> (дата обращения: 30.07.2025).

21. de Boer M., Nijdam M.J., Jongedijk R.A. et al. The spectral fingerprint of sleep problems in post-traumatic stress disorder // Sleep. - 2020. - №43(4). - zsz269. doi: <https://doi.org/10.1093/sleep/zsz269>

22. Duncan L.E., Ratanatharathorn A., Almli A.B. et al. Largest GWAS of PTSD (N=20070) yields genetic overlap with schizophrenia and sex differences in heritability. Molecular Psychiatry. Online April 25, 2017. - 77. doi: <https://doi.org/10.1038/mp.2017.77>

23. Eli B., Chen Y., Zhang J. et al. Time course of attentional bias and its relationship with PTSD symptoms in bereaved Chinese parents who have lost their only child // European Journal of Psychotraumatology. - 2023. - №14(2). - 2235980. doi: <https://doi.org/10.1080/20008066.2023.2235980>

24. Feklicheva I., Boks M.P., de Kloet E.R. et al. Biomarkers in PTSD-susceptible and resistant veterans with war experience of more than ten years ago: FOCUS ON cortisol, thyroid hormones, testosterone and GABA // Journal of psychiatric research. - 2022. - №148. - C. 258-263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.11.032>

25. Foa E.B., McLean C.P., Zang Y. et al. Psychometric properties of the Posttraumatic Stress Disorder Symptom Scale Interview for DSM-5 (PSSI-5) // *Psychological assessment*. - 2016. - №28(10). - C. 1159-1165. doi: <https://doi.org/10.1037/pas0000259>
26. Forkus S.R., Raudales A.M., Rafiuddin H.S. et al. The Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) Checklist for DSM-5: A Systematic Review of Existing Psychometric Evidence // *Clin Psychol (New York)*. - 2023. - №30(1). - C. 110-121. doi: <https://doi.org/10.1037/cps0000111>.
27. Gagnon-Sanschagrin P., Schein J., Urganus A. et al. Identifying individuals with undiagnosed post-traumatic stress disorder in a large United States civilian population - a machine learning approach // *BMC psychiatry*. - 2023. - №22(1). 630. doi: <https://doi.org/10.1186/s12888-022-04267-6>
28. Gill J.L., Schneiders J.A., Stangl M. et al. A pilot study of closed-loop neuromodulation for treatment-resistant post-traumatic stress disorder // *Nat Commun*. - 2023. - №14. - 2997. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38712-1>
29. Green J.D., Annunziata A., Kleiman S.E. et al. Examining the diagnostic utility of the DSM-5 PTSD symptoms among male and female returning veterans // *Depress Anxiety*. - 2017. - №34. - C. 752-760. doi: <https://doi.org/10.1002/da.22667>
30. Gutkovich Z. Initial validation of the Russian version of the World Mental Health Structured Clinical Interview for DSM-IV // *Isr J Psychiatry Relat Sci*. - 2013. - №50(1). - C. 24-32. doi: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.291.21.2581>
31. Harnett N.G., Goodman A.M., Knight D.C. PTSD-related neuroimaging abnormalities in brain function, structure, and biochemistry // *Experimental Neurology*. - 2020. - №330. - 113331. doi: <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2020.113331>.
32. Henigsberg N., Kalember P., Kovačić Z.P., Šečić A. Neuroimaging research in posttraumatic stress disorder – Focus on amygdala, hippocampus and prefrontal cortex // *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. - 2019. - №90. - C. 37-42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2018.11.003>.
33. Hinojosa C.A., George G.C. Ben-Zion Z. Neuroimaging of posttraumatic stress disorder in adults and youth: progress over the last decade on three leading questions of the field // *Mol Psychiatry*. - 2024. - №29. - C. 3223-3244. doi: <https://doi.org/10.1038/s41380-024-02558-w>
34. Invernizzi A., Rechtman E., Curtin P. et al. Functional changes in neural mechanisms underlying post-traumatic stress disorder in World Trade Center responders // *Translational psychiatry*. - 2023. - №13(1). - 239. doi: <https://doi.org/10.1038/s41398-023-02526-y>
35. Jellestad L., Zeffiro T., Mörgeli H. et al. Atypical attention and saccade vigor in post-traumatic stress disorder // *Journal of psychiatric research*. - 2024. - №177. - C. 361-367. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2024.07.035>
36. Kimble M.O., Fleming K., Bandy C., Zambetti A. Eye tracking and visual attention to threatening stimuli in veterans of the Iraq war // *Journal of Anxiety Disorders*. - 2010. - №24(3). - C. 293-299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2009.12.006>
37. Lazarov A., Suarez-Jimenez B., Zhu X. et al. Attention allocation in posttraumatic stress disorder: an eye-tracking study // *Psychological medicine*. - 2022. - №52(15). - C. 3720-3729. doi: <https://doi.org/10.1017/S0033291721000581>
38. Lev T., Guber Dykan C.D., Lazarov A., Bar-Haim Y. Attention bias variability as a cognitive marker of PTSD: A comparison of eye-tracking and reaction time methodologies // *Journal of affective disorders*. - 2025. - №383. - C. 426-434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.04.164>
39. Maguire D., Watt J., Armour C. et al. Post-traumatic stress disorder: A biopsychosocial case-control study investigating peripheral blood protein biomarkers // *Biomarkers in Neuropsychiatry*. - 2021. - №5. - 100042. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bionps.2021.100042>
40. Mansour M., Joseph G.R., Joy G.K. et al. Post-traumatic Stress Disorder: A Narrative Review of Pharmacological and Psychotherapeutic Interventions // *Cureus*. - 2023. - №15(9). - e44905. doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.44905>

41. Marengo D., Hoeboer C.M., Veldkamp B.P. et al. Text mining to improve screening for trauma-related symptoms in a global sample // *Psychiatry research*. - 2022. - №316. - 114753. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2022.114753>
42. McLoughlin G., Gyurkovics M., Palmer J., Makeig S. Midfrontal Theta Activity in Psychiatric Illness: An Index of Cognitive Vulnerabilities Across Disorders // *Biological psychiatry*. - 2022. - №91(2). - C. 173-182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2021.08.020>
43. Meinhausen C., Sanchez G.J., Robles T.F. et al. Correlates of Skin Conductance Reactivity to Stroke-Related Trauma Reminders During Hospitalization for Stroke // *Chronic Stress*. - 2023. - №7. doi: <https://doi.org/10.1177/24705470231156571>
44. Nievergelt C.M., Maihofer A.X., Atkinson E.G. et al. Genome-wide association analyses identify 95 risk loci and provide insights into the neurobiology of post-traumatic stress disorder // *Nat Genet*. - 2024. - №56. - C. 792-808. doi: <https://doi.org/10.1038/s41588-024-01707-9>
45. Nievergelt C.M., Maihofer A.X., Klengel T. et al. International meta-analysis of PTSD genome-wide association studies identifies sex- and ancestry-specific genetic risk loci // *Nature Communications*. - 2019. - №10. - 4558. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12576-w>
46. O'Donnell C.J., Longacre S.L., Cohen B.E. et al. Posttraumatic Stress Disorder and Cardiovascular Disease: State of the Science, Knowledge Gaps, and Research Opportunities // *JAMA Cardiol*. - 2021. - №6(10). - C. 1207-1216. doi: <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2530>
47. Prins A., Bovin M.J., Smolenski D.J. et al. The Primary Care PTSD Screen for DSM-5 (PC-PTSD-5): Development and Evaluation Within a Veteran Primary Care Sample // *J Gen Intern Med*. - 2016. - №31(10). - C. 1206-1211. doi: <https://doi.org/10.1007/s11606-016-3703-5>
48. PTSD Coach // National Center for PTSD URL: https://www.ptsd.va.gov/appvid/mobile/ptsdcoach_app.asp (дата обращения: 30.07.2025).
49. PTSD Test // App Store URL: <https://apps.apple.com/us/app/ptsd-test/id1378787819> (дата обращения: 30.07.2025).
50. Quillivic R., Gayraud F., Auxéméry Y. et al. Interdisciplinary approach to identify language markers for post-traumatic stress disorder using machine learning and deep learning // *Scientific reports*. - 2024. - №14(1). - 12468. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61557-7>
51. Resick P.A., Straud C.L., Wachen J.S. et al. A comparison of the CAPS-5 and PCL-5 to assess PTSD in military and veteran treatment-seeking samples // *European journal of psychotraumatology*. - 2023. - №14(2). - 2222608. doi: <https://doi.org/10.1080/20008066.2023.2222608>
52. Smith A.K., Ratanatharathorn A., Maihofer A.X. et al. Epigenome-wide meta-analysis of PTSD across 10 military and civilian cohorts identifies methylation changes in AHRH // *Nat Commun*. - 2020. - №11. - 5965. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19615-x>
53. Stein M.B., Levey D.F., Cheng Z. et al. Genome-wide association analyses of post-traumatic stress disorder and its symptom subdomains in the Million Veteran Program // *Nat Genet*. - 2021. - №53. - C. 174-184. doi: <https://doi.org/10.1038/s41588-020-00767-x>
54. Swick D., Ashley V. Enhanced Attentional Bias Variability in Post-Traumatic Stress Disorder and its Relationship to More General Impairments in Cognitive Control // *Scientific reports*. - 2017. - №7(1). - 14559. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15226-7>
55. Telehealth & Teleassessment Software for Healthcare // Coviu URL: <https://www.coviu.com/> (дата обращения: 30.07.2025).
56. The Structured Clinical Interview for DSM-5 (SCID-5) // American Psychiatric Association URL: <https://www.appi.org/products/structured-clinical-interview-for-dsm-5-scid-5> (дата обращения: 30.07.2025).
57. Tian F., Yennu A., Smith-Osborne A. et al. Prefrontal responses to digit span memory phases in patients with post-traumatic stress disorder (PTSD): a functional near infrared spectroscopy

study // NeuroImage. Clinical. - 2014. - №4. - С. 808-819. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2014.05.005>

58. Tiet Q.Q., Tiet T.N. Diagnostic Accuracy of the Primary Care PTSD for DSM-5 Screen (PC-PTSD-5) in Demographic and Diagnostic Subgroups of Veterans // J GEN INTERN MED. - 2024. - №39. - С. 2017-2022. doi: <https://doi.org/10.1007/s11606-024-08719-5>

59. Veerapa E., Grandgenevre P., Vaiva G. et al. Attentional bias toward negative stimuli in PTSD: an eye-tracking study // Psychological Medicine. - 2023. - №53(12). - С. 5809-5817. doi: <https://doi.org/10.1017/S0033291722003063>

60. Wang B., Zhao C., Wang Z. et al. Wearable aptamer-field-effect transistor sensing system for noninvasive cortisol monitoring // Science advances. - 2022. - №8(1). - eabk0967. doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abk0967>

61. Wang C., Wang Z., Wei W. et al. High-precision flexible sweat self-collection sensor for mental stress evaluation // npj Flex Electron. - 2024. - №8. - 47. doi: <https://doi.org/10.1038/s41528-024-00333-z>

62. Weathers F.W., Blake D.D., Schnurr P.P. et al. The Life Events Checklist for DSM-5 (LEC-5). - 2013a // National Center for PTSD URL: https://www.ptsd.va.gov/professional/assessment/te-measures/life_events_checklist.asp (дата обращения: 30.07.2025)

63. Weathers F.W., Bovin M.J., Lee D.J. et al. The Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5 (CAPS-5): Development and initial psychometric evaluation in military veterans // Psychol Assess. - 2018. - №30(3). - С. 383-395. doi: <https://doi.org/10.1037/pas0000486>

64. Weathers F.W., Litz B.T., Keane T.M. et al. The PTSD Checklist for DSM-5 (PCL-5). - 2013b // National Center for PTSD URL: <https://www.ptsd.va.gov/professional/assessment/adult-sr/ptsd-checklist.asp> (дата обращения: 30.07.2025).

65. Weiss D.S., Marmar C.R. (1997). The Impact of Event Scale-Revised. // Assessing Psychological Trauma and PTSD: A Practitioner's Handbook / Eds. Wilson J.P., Keane T.M.: New York: Guilford Press. - 1997. - С. 399-411. doi: https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/978-0-387-70990-1_10

66. Wojujutari A.K., Idemudia E.S., Ugwu L.E. The assessment of reliability generalisation of clinician-administered PTSD scale for DSM-5 (CAPS-5): a meta-analysis // Front. Psychol. - 2024. - №15. - 1354229. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1354229>

67. Wu Y., Mao K., Dennett L. et al. Systematic review of machine learning in PTSD studies for automated diagnosis evaluation // npj Mental Health Res. - 2023. - №2. - 16. doi: <https://doi.org/10.1038/s44184-023-00035-w>

68. Yang R., Gautam A., Getnet D. et al. Epigenetic biotypes of post-traumatic stress disorder in war-zone exposed veteran and active duty males // Mol Psychiatry. - 2021. - №26. - С. 4300-4314. doi: <https://doi.org/10.1038/s41380-020-00966-2>

69. Yennu A., Tian F., Smith-Osborne A. et al. Prefrontal responses to Stroop tasks in subjects with post-traumatic stress disorder assessed by functional near infrared spectroscopy // Sci Rep. - 2016. - №6. - 30157. doi: <https://doi.org/10.1038/srep30157>

Поступила: 03.10.2025

Принята к публикации: 25.12.2025

MODERN AND PROMISING METHODS OF DIAGNOSTIC POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER (SCIENTIFIC REVIEW)

© Konstantin Yu. Shelepin, Evgeny Yu. Shelepin, Ksenia A. Skuratova,
Alexander S. Chausov, Veronica M. Zubko

Konstantin Yu. Shelepin – Director of the Institute of Cognitive Sciences and Neurotechnologies, V. P. Serbsky National Medical Research Center for Pedagogical Sciences, Ministry of Health of the Russian Federation, Cand. Sc. (Medicine)

e-mail: shelepink@yandex.ru

Address: 119034, Moscow, Kropotkinsky Lane, 23, Russian Federation

Evgeny Yu. Shelepin – Junior Researcher at the Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences; general Director of LLC Neuroiconica,

e-mail: ShelepinEY@infran.ru

Address: 199034, St. Petersburg, Makarova Embankment, Bldg. 6, Russian Federation

Ksenia A. Skuratova - Junior Researcher at the Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences; Neuriconics Assistive LLC

e-mail: kseskuratova@gmail.com

Address: 199034, St. Petersburg, Makarova Embankment, Bldg. 6, Russian Federation

Alexander S. Chausov - Junior Researcher at the Institute of Cognitive Sciences and Neurotechnologies, NMIC PN Serbsky National Medical Research Center of Pedagogical Sciences, Ministry of Health of the Russian Federation

e-mail: chausov.a@serbsky.ru

Address: 119034, Moscow, Kropotkinsky Lane, 23, Russian Federation

Veronica M. Zubko – Junior Researcher at the Institute of Cognitive Sciences and Neurotechnologies, V. P. Serbsky National Medical Research Center of Pedagogical Sciences, Ministry of Health of the Russian Federation

e-mail: q158veronika@gmail.com

Address: 119034, Moscow, Kropotkinsky Lane, 23, Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. Post-traumatic stress disorder (PTSD) is a severe mental condition that occurs after traumatic events and leads to persistent disturbances in emotional, cognitive, and behavioral functioning. The importance of its diagnosis is increasing in the context of socioeconomic crises, military conflicts, and the increasing number of victims of violence. Late detection of PTSD has serious consequences: somatic diseases, decreased ability to work, social maladjustment, and suicidal risk. Objective: To analyze current and emerging diagnostic methods for post-traumatic stress disorder.

Results. The main part of the review examines current diagnostic methods for PTSD: 1. Traditional clinical questionnaires and interviews, which have high validity but are limited by subjectivity and time consumption; 2. PTSD biomarkers: cortisol, GABA, proinflammatory cytokines, as well as neuroimaging (fMRI, EEG) and electrophysiological (skin conductance, heart rate variability) measurements; 3. Detection of attentional bias toward threatening stimuli through eye movement and pupil diameter analysis using eye tracking; 4. Use of digital diagnostic platforms (PTSD Coach, CoviU) for remote screening and monitoring of PTSD symptoms; 5. Machine learning models analyzing text, EEG, and genetic data to improve diagnostic accuracy.

Conclusions. Prospects for the development of PTSD diagnostics are linked to the integration of multimodal approaches, including biosensors for continuous cortisol monitoring, portable neuroimaging systems (infrared spectroscopy), and personalized AI-based algorithms. This also requires addressing methodological challenges such as standardization of methods, interpretability of models, and ethical considerations.

Improving PTSD diagnostics requires a combination of traditional and innovative methods to improve early detection, treatment, and patient quality of life.

Key words: *Posttraumatic stress disorder, PTSD, diagnostics, biomarkers, attention.*

REFERENCES

1. Akhapkin, R.V. Actual issues of diagnostics and psychopharmacotherapy of post-traumatic stress disorder / R.V. Akhapkin, T.I. Vazagaeva. – Text: electronic // Russian Psychiatric Journal. - 2025. - No. 1. - Pp. 13-24. – URL: <https://rpj.serbssky.ru/index.php/rpj/article/view/1228> (date of access: 12.08.2025)
2. Melnitskaya, T.B. The Impact of Traumatic Event Rating Scale (IES-R) in relation to the radiation factor / T.B. Melnitskaya, A.V. Khavylo, T.V. Belykh // Psychological research: electronic. scientific journal. - 2011. - No. 4 (19). <https://doi.org/10.54359/ps.v4i19.825>
3. Padun, M.A. Russian-language version of the "international trauma questionnaire": adaptation and validation on a non-clinical sample / M.A. Padun, Yu.V. Bykhovets, N.N. Kazymova, Yu.E. Chentsova-Dutton // Counseling Psychology and Psychotherapy. - 2022. - Vol. 30, No. 3. - P. 42-46. doi: <https://doi.org/10.17759/cpp.2022300304>
4. Pluzhnik, M.S. Agreement of indicators on the military Mississippi PTSD scale and the PC-PTSD-5 screening method in combatants of a special military operation / M.S. Pluzhnik, V.I. Evdokimov, T.A. Karavaeva. – Text : electronic // Bulletin of Psychotherapy. - 2024. - No. 92. - – URL : <https://scinetwork.ru/articles/20451> (date of access: 12.08.2025)
5. Tarabrina, N.V. Practical training in the psychology of post-traumatic stress / N.V. Tarabrina. - St. Petersburg: Piter: Publishing house "Piter", 2001. - 272 p. – Text : direct
6. Tarabrina, N.V. Intense stress in the context of psychological safety / N.V. Tarabrina, N.E. Kharlamenkova, M.A. Padun [et al.]; under the general editorship of N.E. Kharlamenkova. Moscow: Publishing house of the Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, 2017. - 344 p. – Text : direct
7. Telesheva, K. Yu. EEG markers of post-traumatic stress disorder in combatants: a study of spontaneous electrical activity of the brain and sensory dosing of information / K. Yu. Telesheva, V. I. Zakurazhnaya, I. O. Morozova [et al.]. – Text : electronic // Russian Journal of Psychiatry. - 2024. - № 6. - P. 44-57. – URL : EEG markers of post-traumatic stress disorder in combatants: a study of spontaneous electrical activity of the brain and sensory dosing of information | Telesheva | Russian Journal of Psychiatry (date of access: 12.08.2025)
8. Abas M.A., Müller M., Gibson L.J. et al. Prevalence of post-traumatic stress disorder and validity of the Impact of Events Scale - Revised in primary care in Zimbabwe, a non-war-affected African country // BJPsych open. - 2023. - №9(2). - e37. doi: <https://doi.org/10.1192/bjo.2022.621>

9. Al Jowf G.I., Ahmed Z.T., Reijnders R.A. et al. To Predict, Prevent, and Manage Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD): A Review of Pathophysiology, Treatment, and Biomarkers // International journal of molecular sciences. - 2023. - №24(6). - 5238. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms24065238>
10. Ali A.M., Al-Dossary S.A., Almarwani A.M. et al. The Impact of Event Scale-Revised: Examining Its Cutoff Scores among Arab Psychiatric Patients and Healthy Adults within the Context of COVID-19 as a Collective Traumatic Event // Healthcare. - 2023. - №11. - 892. doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11060892>
11. Armstrong T., Bilsky S.A., Zhao M., Olatunji B.O. Pathways to avoidance: Eye tracking reveals differential attention mechanisms in PTSD // Journal of Anxiety Disorders. - 2013. - №27(2). - p. 265-271.
12. Balters S., Li R., Espil F.M., Piccirilli A. et al. Functional near-infrared spectroscopy brain imaging predicts symptom severity in youth exposed to traumatic stress // Journal of Psychiatric Research. - 2021. - №144. - p. 494-502. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.10.020>
13. Ben-Zion Z., Zeevi Y., Keynan N.J. et al. Multi-domain potential biomarkers for post-traumatic stress disorder (PTSD) severity in recent trauma survivors // Translational psychiatry. - 2020. - №10(1). - 208. doi: <https://doi.org/10.1038/s41398-020-00898-z>
14. Bhattarai J.J., Oehlert M.E., Weber D.K. Psychometric properties of the Mississippi Scale for Combat-Related Posttraumatic Stress Disorder based on veterans' period of service // Psychological services. - 2020. - №17(1). - p. 75-83. doi: <https://doi.org/10.1037/ser0000285>
15. Burbach L., Brémault-Phillips S., Nijdam M.J. et al. Treatment of Posttraumatic Stress Disorder: A State-of-the-art Review // Current neuropharmacology. - 2024. - №22(4). - p. 557-635. doi: <https://doi.org/10.2174/1570159X21666230428091433>
16. Butt M., Espinal E., Aupperle R.L. et al. The Electrical Aftermath: Brain Signals of Posttraumatic Stress Disorder Filtered Through a Clinical Lens // Frontiers in psychiatry. - 2019. - №10. - 368. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2019.00368>
17. Chen W.L., Wagner J., Heugel N. et al. Functional Near-Infrared Spectroscopy and Its Clinical Application in the Field of Neuroscience: Advances and Future Directions // Frontiers in neuroscience. - 2020. - №14. - 724. doi: <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00724>
18. Cloitre M., Hyland P., Prins A., Shevlin M. The international trauma questionnaire (ITQ) measures reliable and clinically significant treatment-related change in PTSD and complex PTSD // European journal of psychotraumatology. - 2021. - №12(1). - 1930961. doi: <https://doi.org/10.1080/20008198.2021.1930961>
19. Cowdin N., Kobayashi I., Mellman T. Theta frequency activity during rapid eye movement (REM) sleep is greater in people with resilience versus PTSD // Experimental brain research. - 2014. - №232. - p. 1479-1485. doi: <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3857-5>
20. Davidson J.T.R., Kudler H.S., Smith R.D. Assessment and pharmacotherapy of posttraumatic stress disorder. In J.E.L. Giller (Ed.), Biological assessment and treatment of posttraumatic stress disorder // National Center for PTSD URL: <https://www.ptsd.va.gov/professional/assessment/adult-int/si-ptsd.asp> (accessed: 30.07.2025).
21. de Boer M., Nijdam M.J., Jongedijk R.A. et al. The spectral fingerprint of sleep problems in post-traumatic stress disorder // Sleep. - 2020. - №43(4). - zsz269. doi: <https://doi.org/10.1093/sleep/zsz269>
22. Duncan L.E., Ratanatharathorn A., Almli A.B. et al. Largest GWAS of PTSD (N=20070) yields genetic overlap with schizophrenia and sex differences in heritability. Molecular Psychiatry. Online April 25, 2017. - 77. doi: <https://doi.org/10.1038/mp.2017.77>
23. Eli B., Chen Y., Zhang J. et al. Time course of attentional bias and its relationship with PTSD symptoms in bereaved Chinese parents who have lost their only child // European Journal of Psychotraumatology. - 2023. - №14(2). - 2235980. doi: <https://doi.org/10.1080/20008066.2023.2235980>

24. Feklicheva I., Boks M.P., de Kloet E.R. et al. Biomarkers in PTSD-susceptible and resistant veterans with war experience of more than ten years ago: FOCUS ON cortisol, thyroid hormones, testosterone and GABA // *Journal of psychiatric research*. - 2022. - №148. - p. 258-263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2021.11.032>
25. Foa E.B., McLean C.P., Zang Y. et al. Psychometric properties of the Posttraumatic Stress Disorder Symptom Scale Interview for DSM-5 (PSSI-5) // *Psychological assessment*. - 2016. - №28(10). - p. 1159-1165. doi: <https://doi.org/10.1037/pas0000259>
26. Forkus S.R., Raudales A.M., Rafiuddin H.S. et al. The Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) Checklist for DSM-5: A Systematic Review of Existing Psychometric Evidence // *Clin Psychol (New York)*. - 2023. - №30(1). - p. 110-121. doi: <https://doi.org/10.1037/cps0000111>.
27. Gagnon-Sanschagrin P., Schein J., Urganus A. et al. Identifying individuals with undiagnosed post-traumatic stress disorder in a large United States civilian population - a machine learning approach // *BMC psychiatry*. - 2023. - №22(1). 630. doi: <https://doi.org/10.1186/s12888-022-04267-6>
28. Gill J.L., Schneiders J.A., Stangl M. et al. A pilot study of closed-loop neuromodulation for treatment-resistant post-traumatic stress disorder // *Nat Commun*. - 2023. - №14. - 2997. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38712-1>
29. Green J.D., Annunziata A., Kleiman S.E. et al. Examining the diagnostic utility of the DSM-5 PTSD symptoms among male and female returning veterans // *Depress Anxiety*. - 2017. - №34. - p. 752-760. doi: <https://doi.org/10.1002/da.22667>
30. Gutkovich Z. Initial validation of the Russian version of the World Mental Health Structured Clinical Interview for DSM-IV // *Isr J Psychiatry Relat Sci*. - 2013. - №50(1). - p. 24-32. doi: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.291.21.2581>
31. Harnett N.G., Goodman A.M., Knight D.C. PTSD-related neuroimaging abnormalities in brain function, structure, and biochemistry // *Experimental Neurology*. - 2020. - №330. - 113331. doi: <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2020.113331>.
32. Henigsberg N., Kalember P., Kovačić Z.P., Šečić A. Neuroimaging research in posttraumatic stress disorder – Focus on amygdala, hippocampus and prefrontal cortex // *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. - 2019. - №90. - p. 37-42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2018.11.003>.
33. Hinojosa C.A., George G.C. Ben-Zion Z. Neuroimaging of posttraumatic stress disorder in adults and youth: progress over the last decade on three leading questions of the field // *Mol Psychiatry*. - 2024. - №29. - p. 3223-3244. doi: <https://doi.org/10.1038/s41380-024-02558-w>
34. Invernizzi A., Rechtman E., Curtin P. et al. Functional changes in neural mechanisms underlying post-traumatic stress disorder in World Trade Center responders // *Translational psychiatry*. - 2023. - №13(1). - 239. doi: <https://doi.org/10.1038/s41398-023-02526-y>
35. Jellestad L., Zeffiro T., Mörgeli H. et al. Atypical attention and saccade vigor in post-traumatic stress disorder // *Journal of psychiatric research*. - 2024. - №177. - p. 361-367. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2024.07.035>
36. Kimble M.O., Fleming K., Bandy C., Zambetti A. Eye tracking and visual attention to threatening stimuli in veterans of the Iraq war // *Journal of Anxiety Disorders*. - 2010. - №24(3). - p. 293-299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2009.12.006>
37. Lazarov A., Suarez-Jimenez B., Zhu X. et al. Attention allocation in posttraumatic stress disorder: an eye-tracking study // *Psychological medicine*. - 2022. - №52(15). - p. 3720-3729. doi: <https://doi.org/10.1017/S0033291721000581>
38. Lev T., Gober Dykan C.D., Lazarov A., Bar-Haim Y. Attention bias variability as a cognitive marker of PTSD: A comparison of eye-tracking and reaction time methodologies // *Journal of affective disorders*. - 2025. - №383. - p. 426-434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2025.04.164>

39. Maguire D., Watt J., Armour C. et al. Post-traumatic stress disorder: A biopsychosocial case-control study investigating peripheral blood protein biomarkers // *Biomarkers in Neuropsychiatry*. - 2021. - №5. - 100042. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bionps.2021.100042>
40. Mansour M., Joseph G.R., Joy G.K. et al. Post-traumatic Stress Disorder: A Narrative Review of Pharmacological and Psychotherapeutic Interventions // *Cureus*. - 2023. - №15(9). - e44905. doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.44905>
41. Marengo D., Hoeboer C.M., Veldkamp B.P. et al. Text mining to improve screening for trauma-related symptoms in a global sample // *Psychiatry research*. - 2022. - №316. - 114753. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2022.114753>
42. McLoughlin G., Gyurkovics M., Palmer J., Makeig S. Midfrontal Theta Activity in Psychiatric Illness: An Index of Cognitive Vulnerabilities Across Disorders // *Biological psychiatry*. - 2022. - №91(2). - p. 173-182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2021.08.020>
43. Meinhausen C., Sanchez G.J., Robles T.F. et al. Correlates of Skin Conductance Reactivity to Stroke-Related Trauma Reminders During Hospitalization for Stroke // *Chronic Stress*. - 2023. - №7. doi: <https://doi.org/10.1177/24705470231156571>
44. Nievergelt C.M., Maihofer A.X., Atkinson E.G. et al. Genome-wide association analyses identify 95 risk loci and provide insights into the neurobiology of post-traumatic stress disorder // *Nat Genet*. - 2024. - №56. - p. 792-808. doi: <https://doi.org/10.1038/s41588-024-01707-9>
45. Nievergelt C.M., Maihofer A.X., Klengel T. et al. International meta-analysis of PTSD genome-wide association studies identifies sex- and ancestry-specific genetic risk loci // *Nature Communications*. - 2019. - №10. - 4558. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12576-w>
46. O'Donnell C.J., Longacre S.L., Cohen B.E. et al. Posttraumatic Stress Disorder and Cardiovascular Disease: State of the Science, Knowledge Gaps, and Research Opportunities // *JAMA Cardiol*. - 2021. - №6(10). - p. 1207-1216. doi: <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2530>
47. Prins A., Bovin M.J., Smolenski D.J. et al. The Primary Care PTSD Screen for DSM-5 (PC-PTSD-5): Development and Evaluation Within a Veteran Primary Care Sample // *J Gen Intern Med*. - 2016. - №31(10). - p. 1206-1211. doi: <https://doi.org/10.1007/s11606-016-3703-5>
48. PTSD Coach // National Center for PTSD URL: https://www.ptsd.va.gov/appvid/mobile/ptsdcoach_app.asp (accessed: 30.07.2025).
49. PTSD Test // App Store URL: <https://apps.apple.com/us/app/ptsd-test/id1378787819> (accessed: 30.07.2025).
50. Quillivic R., Gayraud F., Auxéméry Y. et al. Interdisciplinary approach to identify language markers for post-traumatic stress disorder using machine learning and deep learning // *Scientific reports*. - 2024. - №14(1). - 12468. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61557-7>
51. Resick P.A., Straud C.L., Wachen J.S. et al. A comparison of the CAPS-5 and PCL-5 to assess PTSD in military and veteran treatment-seeking samples // *European journal of psychotraumatology*. - 2023. - №14(2). - 2222608. doi: <https://doi.org/10.1080/20008066.2023.2222608>
52. Smith A.K., Ratanatharathorn A., Maihofer A.X. et al. Epigenome-wide meta-analysis of PTSD across 10 military and civilian cohorts identifies methylation changes in AHRH // *Nat Commun*. - 2020. - №11. - 5965. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19615-x>
53. Stein M.B., Levey D.F., Cheng Z. et al. Genome-wide association analyses of post-traumatic stress disorder and its symptom subdomains in the Million Veteran Program // *Nat Genet*. - 2021. - №53. - p. 174-184. doi: <https://doi.org/10.1038/s41588-020-00767-x>
54. Swick D., Ashley V. Enhanced Attentional Bias Variability in Post-Traumatic Stress Disorder and its Relationship to More General Impairments in Cognitive Control // *Scientific reports*. - 2017. - №7(1). - 14559. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15226-7>
55. Telehealth & Teleassessment Software for Healthcare // CoviU URL: <https://www.coviu.com/> (accessed: 30.07.2025).

56. The Structured Clinical Interview for DSM-5 (SCID-5) // American Psychiatric Association URL: <https://www.appi.org/products/structured-clinical-interview-for-dsm-5-scid-5> (accessed: 30.07.2025).
57. Tian F., Yennu A., Smith-Osborne A. et al. Prefrontal responses to digit span memory phases in patients with post-traumatic stress disorder (PTSD): a functional near infrared spectroscopy study // *NeuroImage. Clinical.* - 2014. - №4. - p. 808-819. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2014.05.005>
58. Tiet Q.Q., Tiet T.N. Diagnostic Accuracy of the Primary Care PTSD for DSM-5 Screen (PC-PTSD-5) in Demographic and Diagnostic Subgroups of Veterans // *J GEN INTERN MED.* - 2024. - №39. - p. 2017-2022. doi: <https://doi.org/10.1007/s11606-024-08719-5>
59. Veerapa E., Grandgenevre P., Vaiva G. et al. Attentional bias toward negative stimuli in PTSD: an eye-tracking study // *Psychological Medicine.* - 2023. - №53(12). - p. 5809-5817. doi: <https://doi.org/10.1017/S0033291722003063>
60. Wang B., Zhao C., Wang Z. et al. Wearable aptamer-field-effect transistor sensing system for noninvasive cortisol monitoring // *Science advances.* - 2022. - №8(1). - eabk0967. doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abk0967>
61. Wang C., Wang Z., Wei W. et al. High-precision flexible sweat self-collection sensor for mental stress evaluation // *npj Flex Electron.* - 2024. - №8. - 47. doi: <https://doi.org/10.1038/s41528-024-00333-z>
62. Weathers F.W., Blake D.D., Schnurr P.P. et al. The Life Events Checklist for DSM-5 (LEC-5). - 2013a // National Center for PTSD URL: https://www.ptsd.va.gov/professional/assessment/te-measures/life_events_checklist.asp (accessed: 30.07.2025)
63. Weathers F.W., Bovin M.J., Lee D.J. et al. The Clinician-Administered PTSD Scale for DSM-5 (CAPS-5): Development and initial psychometric evaluation in military veterans // *Psychol Assess.* - 2018. - №30(3). - p. 383-395. doi: <https://doi.org/10.1037/pas0000486>
64. Weathers F.W., Litz B.T., Keane T.M. et al. The PTSD Checklist for DSM-5 (PCL-5). - 2013b // National Center for PTSD URL: <https://www.ptsd.va.gov/professional/assessment/adult-sr/ptsd-checklist.asp> (accessed: 30.07.2025).
65. Weiss D.S., Marmar C.R. (1997). The Impact of Event Scale-Revised. // *Assessing Psychological Trauma and PTSD: A Practitioner's Handbook* / Eds. Wilson J.P., Keane T.M.: New York: Guilford Press. - 1997. - p. 399-411. doi: https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/978-0-387-70990-1_10
66. Wojujutari A.K., Idemudia E.S., Ugwu L.E. The assessment of reliability generalisation of clinician-administered PTSD scale for DSM-5 (CAPS-5): a meta-analysis // *Front. Psychol.* - 2024. - №15. - 1354229. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1354229>
67. Wu Y., Mao K., Dennett L. et al. Systematic review of machine learning in PTSD studies for automated diagnosis evaluation // *npj Mental Health Res.* - 2023. - №2. - 16. doi: <https://doi.org/10.1038/s44184-023-00035-w>
68. Yang R., Gautam A., Getnet D. et al. Epigenetic biotypes of post-traumatic stress disorder in war-zone exposed veteran and active duty males // *Mol Psychiatry.* - 2021. - №26. - p. 4300-4314. doi: <https://doi.org/10.1038/s41380-020-00966-2>
67. Yennu A., Tian F., Smith-Osborne A. et al. Prefrontal responses to Stroop tasks in subjects with post-traumatic stress disorder assessed by functional near infrared spectroscopy // *Sci Rep.* - 2016. - №6. - 30157. doi: <https://doi.org/10.1038/srep30157>

Received: 03.10.2025

Accepted: 25.12.2025