

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВТОРИЧНОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ОСТРЫХ СОЧЕТАННЫХ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ТРАВМАХ

Кулдашева Г. К.

студентка 5 курса Андижанского Государственного  
Медицинского института

В 2007 году был проведен систематический обзор для обобщения данных литературы, свидетельствующий о том, что нейроэндокринная дисфункция является распространенной после ЧМТ [14]. Другие исследования поставили под сомнение эти результаты, сообщив о более низкой распространенности гипопитуитаризма после повреждения головного мозга (28 vs 5% [19] до 30% [20]).

Авторы искали в базе данных Medline, используя следующее сочетание терминов: "черепно-мозговая травма или посттравматическая ЧМТ "и " гипопитуитаризм или гипофиз.- Авторы отфильтровали результаты для человеческих исследований. Датой доступа стало 21 марта 2014 года. Дополнительные поиски были добавлены на основе списков ссылок из опубликованных отчетов.

По причинам однородности авторы сосредоточились на взрослых пациентах, исследованиях, которые включали стимулирующее тестирование соматотропной и/или кортикотропной функции, а также исследованиях, в которых сообщалось о распространенности более чем трех передних гипофизарных недостаточностей. Они не включали исследования, использующие только тесты, которые обычно не рекомендуются для тестирования, такие как тест GHRH-only. В некоторых исследованиях сообщалось о гипофизарной функции у пациентов с ЧМТ или субарахноидальным кровоизлиянием. В данном случае мы проанализировали только данные по ЧМТ-пациентам. Автор не включали исследования, посвященные только субарахноидальному кровоизлиянию. Мы исключили сообщения о случаях или серии сообщений о менее чем 10 пациентах, исследования, посвященные заднему гипопитуитаризму, или те, кто сообщает о дефиците в острой фазе. Они тщательно изучили тезисы и тексты, чтобы избежать двойного включения статей, Если различные аспекты одного и того же исследования были представлены в разных публикациях. В случае неопределенности мы решили исключить исследования с потенциально повторяющимися данными. Если проспективные исследования включали эндокринное тестирование на более чем один пункт времени, мы выбрали пункт времени самый близкий до 1 год после ТВИ для того чтобы обеспечить большую однородность.

Используя приведенную выше стратегию, авторы изначально получили 1429 статей. С учетом перечисленных выше критериев осталось 192 статьи. Автор также исключили 176 статей путем реферативного и текстового обзора, оставив только 16 исследований, включенных в этот обзор.

Эти исследования включали данные о 1291 пациенте с ЧМТ. В рамках 16 исследований была выявлена неоднородность в отношении

Тяжесть ЧМТ. Хотя три исследования (n= 246 испытуемых) включали только тяжелые случаи, определенные по шкале постреанимационной комы Глазго (GCS) оценка 8 или

ниже, другие включали только тяжелые случаи, определенные реанимационным отделением (ICU) пребывания или длительной госпитализации, а третьи не были заранее выбраны по тяжести. Однако во всех исследованиях приводились данные о распределении тяжести ЧМТ.

Была также отмечена неоднородность в отношении используемых тестов и процедур предварительного отбора для тестирования. Например, LealCerro и соавт. проходят лишь пациенты с положительным ответом на вопросник, который поднял клиническое подозрение на гипопитуитаризм, в то время как Шнайдер и соавт. проведенных динамических испытаний 12 месяцев после ЧМТ, в случае патологических результатов базовых величин, или динамических испытаний после 3 месяцев, или патологических базовых результатов после 12 месяцев.

В шести исследованиях сообщалось о частоте ответа соответствующих критериям пациентов. В этих исследованиях было предложено принять участие в общей сложности 1563 имеющим на это право пациентам. Из этих имеющих право на участие пациентов в исследовании приняли участие 645 пациентов, что составляет 41%. В большинстве исследований использовался только один имитационный тест для осей GH и / или АКТГ; однако в трех исследованиях подтверждающее тестирование применялось, если скрининговый тест был положительным. Кроме того, большинство исследований не включало контрольную группу. Только три исследования включали соответствующие контрольные группы.

Из представленных, исследований нами проанализировали распространенность нейроэндокринной дисфункции в хронической фазе, которая определялась как минимум через 3 месяца после ЧМТ

doi: 10.1210 / er.2014-1065

[press.endocrine.org/journal/edr](http://press.endocrine.org/journal/edr)

Поскольку большинство исследований не использовали подтверждающие тесты, в этом исследовании патологических осей гипофиза от скрининговых тестов.

Объединенные показатели распространенности любой гормональной недостаточности и множественной гипофизарной недостаточности без подтверждающего тестирования составили у авторов 28 и 6% соответственно. Авторы ранее описывали дефицит гипофиза, который был больше часто встречается у пациентов с тяжелой ЧМТ, определяемой по постреанимационному баллу GCS 8 или ниже, чем у пациентов с менее тяжелой ЧМТ. Поэтому авторы также проанализировали исследования, включающие только тяжелую ЧМТ по ГКС отдельно. Показатели распространенности любого гипопитуитаризма и множественной гипофизарной недостаточности составили 24 и 8%, соответственно, при оценке лиц с тяжелой ЧМТ, по сравнению с 29 и 6%, соответственно, во всех других исследованиях ( *P*6.47 и *P*6.08, соответственно, с двухсторонним *Z*тест).

В трех исследованиях, проведенных на 313 пациентах, были получены данные о распространенности дефицита гипофиза при использовании конфирматорного теста после проведения первоначального патологического скринингового теста.

Гормональная дисфункция, также известная как синдром гормонального дефицита после ЧМТ, очень часто встречается в пост-острой фазе ЧМТ [H. Zhong, HongY. Wu, RenH. He,

BiE. Zheng and JianZ. Fan (2019)]. Было сообщено, что до 80% пациентов с ЧМТ страдают от некоторых видов острого гипопитуитаризма и связанного с ним гипогонадизма.

В литературе высказывается предположение, что половые гормоны могут влиять на повреждения после ЧМТ и связаны со стрессорной реакцией, возникающей в острой фазе заболевания. Кроме того, есть доказательства того, что эстроген и прогестерон оказывают нейропротекторное действие, предполагая, что неадекватные уровни могут иметь как острые, так и долгосрочные последствия для восстанавливающегося мозга. Декады исследований показывают что уровни тестостерона низки в 36,5-100% из пациентов с ЧМТ, однако, прогностическая значимость уровней тестостерона остается сомнительной. Хотя недостаточность гормонов после ЧМТ становится все более общепризнанной, существуют ограниченные данные, фокусирующие внимание на выживших после ЧМТ в отношении роли половых гормонов в прогнозировании сознания.

Существует все больше доказательств, демонстрирующих значительные половые различия в реакции нервной системы на травматическое повреждение. Все большее число исследований в экспериментальной ЧМТ сообщают, что женский мозг последовательно проявляет меньше повреждений по сравнению с их мужскими аналогами из-за воздействия гонадных стероидных гормонов во время травмы. Однако исследования, касающиеся

влияния пола на исходы и выздоровление ЧМТ, по-прежнему немногочисленны. Насколько нам известно, ранее не проводилось исследований по изучению связи между уровнем гормонов сыворотки крови в острой фазе ЧМТ и восстановлением сознания у пациентов с ЧМТ.

При сочетанной черепно-мозговой травме в остром периоде, гормональные показатели пострадавшего быстрее ухудшаются, чем при изолированной черепно-мозговой травме, из-за синдрома “взаимного отягачения” в первые часы травмы и приводят к гибели головного мозга и самого больного. Из-за синдрома “взаимного отягачения” до настоящего времени сохраняется высокая летальность при С.Ч.М.Т., до 90 % - 95% [1;2;3;4]. Как правило, обычно в стационарах и отделениях экстренной помощи отсутствует штат экстренного эндокринолога. Этот факт, также способствует ухудшению показателей и выживаемости больных. Мало изученность этой проблемы и, в основном изучение их в изолированной черепно-мозговой травме также указывает на необходимость исследования этого пробела в экстренной нейроэндокринологии. В связи с этим, возникает острая необходимость к изучению этой актуальной проблемы в современной эндокринологии.

Целью настоящего исследования является – изучение роли гормонального статуса у больных при остром периоде сочетанной черепно-мозговой травмы.

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) - одна из основных причин смертности и заболеваемости людей в мире. Травма головного мозга может повлиять на суть человека - его мышление, память, личность и поведение. Электрофизиологические маркеры из электроэнцефалограммы человека и изображений головного мозга предоставляют богатый источник данных, который помогает выявить специфические нарушения обработки данных у пациентов с ЧМТ. Чтобы оценить когнитивные и социальные функции у пациентов с черепно-мозговой травмой, в этом обзоре будут рассмотрены некоторые методы оценки инвалидирующих когнитивных и социальных функций, вызванных ЧМТ. Для

решения вопросов, связанных с ЧМТ и распознаванием, доступно множество новых технологий. Интеграция различных

### **Черепно-мозговая травма (ЧМТ)**

ЧМТ является одной из основных причин смертности и заболеваемости людей в мире: ежегодно происходит не менее 10 миллионов серьезных черепно-мозговых травм [1, 2]. ЧМТ - сложное, разнородное заболевание со многими факторами, различающееся по разным степеням тяжести от легкой ЧМТ до тяжелой черепно-мозговой травмы. С 2000 по 2015 год 82% военнослужащих в США перенесли ЧМТ, классифицируемую как легкую ЧМТ (mTBI) [3]. ЧМТ - это не болезнь, а событие. Точнее, ЧМТ - это событие или последовательность событий, которые в некоторых случаях могут привести к диагностируемому неврологическому или психиатрическому расстройству [4].

### **Когнитивная функция и социальная функция**

Когнитивная функция - это «умственное действие или процесс приобретения знания и понимания посредством мысли, опыта и чувств» [5]. Он включает в себя процессы, включая знания, внимание, память и рабочую память, суждения и оценки, рассуждения и «вычисления», решение проблем и принятие решений, понимание и производство языка. Познавательные процессы используют существующие знания и генерируют новые знания. Когнитивная дисфункция - заметный симптом после ЧМТ, включая планирование, решение проблем, временную организацию, внимание, когнитивно-поведенческие и психоповеденческие расстройства. Стойкое нарушение памяти и нарушение исполнительной функции после ЧМТ также распространены [6]. Ретроградная амнезия сохраняется у пациентов, переживших ЧМТ, подобно когнитивному дефициту, часто связанному с ЧМТ [7]. У лиц, переживших тяжелую ЧМТ, часто наблюдаются нарушения функций когнитивного контроля. Пациенты с ЧМТ показали специфический дефицит работоспособности, свидетельствующий о неспособности реализовать когнитивный контроль в службе обработки информации о конфликтах и обнаружения конфликта ответов и передачи сигналов для привлечения когнитивных ресурсов для правильной настройки производительности [8, 9]. МТБИ связан с мониторингом неповрежденного конфликта, а также изменяет процессы адаптации и адаптации к конфликту [10]. Yu et al. [11] предполагают, что даже очень легкие механические события могут привести к поддающейся количественной оценке дисфункции нейронной сети, а легкая педиатрическая ЧМТ может привести к функциональному дефициту, который более серьезен, чем внешний вид в настоящее время [12].

Повреждение мозга может изменить основу человеческого существа - его мышление, личность и поведение, особенно в социальном поведении [13]. Предыдущие исследования показывают, что такой дефицит может быть результатом нарушения восприятия основных социальных сигналов [14]. Грин и др. [15] сообщили, что подростки (15–18 лет), перенесшие ЧМТ в период от рождения до пятилетнего детства, с большей вероятностью испытали низкое качество жизни по сравнению с контрольными группами здоровья. Пациенты с тяжелой ЧМТ используют косвенную речь и испытывают трудности с выявлением сбоев в общении, заданием вопросов и вступлением в разговорные шутки в

случайных беседах с друзьями [ 16 ]. Lachapelle et al. [ 17 ] оценить низкоуровневую и сложную обработку информации с помощью визуальной электрофизиологии и изучить прогностическую ценность в отношении профессиональных результатов у лиц, перенесших mTBI. Полученные данные свидетельствуют о том, что люди с симптоматическим mTBI могут иметь избирательные недостатки в сложной обработке визуальной информации, что может повлиять на профессиональный результат. Имеются также нарушения в определенных аспектах восприятия эмоций: аффективное состояние, но не оценка и регулирование, способствует трудностям социального поведения у пациентов с тяжелой ЧМТ. И это имеет важное значение для реабилитации [ 18 ]. Фобия несчастных случаев может препятствовать безопасному возвращению к вождению или поездке на автомобиле, препятствуя возвращению к повседневной деятельности при mTBI. Кроме того, было обнаружено, что жалобы на боль положительно коррелируют с тревожными расстройствами после травмы [ 19 ].

По оценкам, около 0,85 миллиона гражданских лиц ежегодно нуждаются в долгосрочной реабилитации и уходе на протяжении всей их жизни из-за ЧМТ в Соединенных Штатах [ 13 ]. Таким образом, растет общественный и научный интерес к причинам, последствиям и лечению ЧМТ. Травма головного мозга может повлиять на суть человека - его мышление, память, личность и поведение. Для решения вопросов, связанных с ЧМТ и распознаванием, доступно множество новых технологий. Интеграция различных методов поможет нам лучше понять ЧМТ, когнитивные и социальные функции, а также улучшить лечение и реабилитацию. Поэтому мы выбрали эту тему, чтобы сосредоточиться на некоторых методах оценки основных нарушений когнитивных и социальных функций, а также нарушений когнитивных и социальных функций, вызванных ЧМТ.

#### Методы оценки

Существуют содержательные обзоры и эмпирические статьи, предлагающие важные вопросы по отражению спектра тяжести травм у лиц, переживших ЧМТ. Подходы включают соматические, вегетативные и психофизиологические методы центральной нервной системы, а также визуализацию мозга (например, структурную и функциональную магнитно-резонансную томографию, фМРТ). Литература объединяет информацию по этим областям [ 20 ]. Таким образом, статьи в этом выпуске отражают разнообразие современных методов оценки когнитивных и социальных функций у пациентов, перенесших ЧМТ.

#### Нейропсихологическая оценка

Нейропсихологическая оценка традиционно проводилась для оценки степени нарушения определенного навыка и для попытки определить область мозга, которая могла быть повреждена в результате травмы мозга. Он фокусируется на оценке познания и поведения, включая изучение последствий любой травмы головного мозга или невропатологического процесса, который мог испытать человек. Нейропсихологическое тестирование - это больше, чем просто проведение и оценка тестов и инструментов скрининга. Важно, чтобы нейропсихологическая оценка также включала оценку психического статуса человека.

### Электрофизиологические маркеры

В неврологии электрофизиология включает измерения электрической активности нейронов и, в частности, активности потенциала действия. Электрофизиологическое исследование включает электроэнцефалограмму (ЭЭГ), сенсорные вызванные потенциалы (ВП) и когнитивные потенциалы, связанные с событием (ССП). Они полезны для электродиагностики и мониторинга.

ЭЭГ - это электрофизиологический метод мониторинга, позволяющий регистрировать электрическую активность головного мозга. Как правило, это неинвазивный метод, при котором электроды размещают вдоль кожи головы, хотя иногда используются инвазивные электроды. ЭЭГ измеряет колебания напряжения в результате ионного тока в нейронах головного мозга. Поскольку EP и ERP генерируются нейрональной активностью, они ценны для оценки целостности возможностей нейронной обработки у пациентов, перенесших ЧМТ [ 27]. Производные техники ЭЭГ включают ЭП, которые включают в себя усреднение активности ЭЭГ с привязкой по времени к предъявлению какого-либо стимула (визуального, соматосенсорного или слухового). ERP и осцилляторная активность Альфа из ЭЭГ человека предоставляет богатый источник данных, который помогает прояснить конкретные нарушения обработки у пациентов с ЧМТ. Некоторые из инвалидирующих когнитивных нарушений при ЧМТ и то, как широкополосные маркеры ERP и спектральное содержимое ЭЭГ способствуют объяснению аномалий функции мозга, которые влияют на скорость обработки, устойчивое внимание, мониторинг производительности, тормозящий контроль и когнитивную гибкость [ 21-24]. Они относятся к усредненным ответам ЭЭГ, которые привязаны ко времени для более сложной обработки стимулов; этот метод используется в когнитивной науке, когнитивной психологии и психофизиологических исследованиях.

ВП - наиболее информативные нейрофизиологические тесты. Оба имеют большое прогностическое значение при ЧМТ [ 25 , 26 ]. При ЧМТ эти паттерны ВП имеют высокую раннюю прогностическую ценность для любого исхода [ 27 ]. Непрерывный мониторинг ЭЭГ используется для диагностики и лечения несудорожных припадков и эпилептического статуса, тогда как ВП более способны указывать на появление неврологического ухудшения. ЭЭГ, по-видимому, имеет такое же прогностическое значение в педиатрии, как и у взрослых [ 28 ]. Недавние обзоры также поддержали использование EP в интегрированном процессе прогнозирования исходов после острой черепно-мозговой травмы у детей [ 29 ]. Амантини и др. [ 30 ] оценить прогностическую полезность ВП при тяжелой ЧМТ с учетом как «пробуждения», так и инвалидности. EPs смогли предсказать правильный прогноз более чем в 80% случаев тяжелой ЧМТ. Они подтверждают высокую прогностическую ценность ВП при ЧМТ, которая превосходит шкалу комы Глазго (GCS) и реактивность ЭЭГ [ 30 ].

ERP были мощным инструментом для прогнозирования траектории выздоровления и конечного результата ЧМТ. ВП с коротким и средним латентным периодом теперь могут эффективно прогнозировать исходы комы у пациентов с острой ЧМТ. Компоненты ERP с длительным временем ожидания перспективны для прогнозирования восстановления когнитивных функций более высокого порядка [ 14 ]. Отрицательность ошибки / связанная с ошибкой отрицательность (Ne / ERN) и положительность после ошибки (Pe) могут быть

измерены. Ne / ERN был потенциальным электрофизиологическим маркером нарушения оценочного контроля / мониторинга производительности после ТБИ [31, 32]. ERP использовались для выяснения природы когнитивных жалоб переживших ЧМТ среди военнослужащих, подчеркивая недостаток внимания, обработки информации и когнитивного контроля. Также подчеркивается применение ERP для прогнозирования выхода из комы и конечного результата [33]. Larson et al. [32] использовали компоненты ERN и Re ERP для проверки гипотезы о том, что отрицательный эффект непропорционально ухудшает мониторинг производительности после тяжелой ЧМТ. Он поддерживает гипотезу «двойной опасности» о непропорциональных нарушениях в мониторинге эффективности при наложении негативного воздействия. Другая газета также сообщает в mTBI. Нейронные основы мониторинга производительности могут быть обнаружены с помощью компонентов ERN и Re записанного в скальпе ERP у выживших с mTBI. Основные эффекты или взаимодействия группы для поведенческих и ERP показателей не были значимыми. Также не было значимых подгрупповых и корреляционных анализов с постконтузивными симптомами и индексами тяжести травмы [12]. Для ERP конфликт был медленным, контрольная группа показала значительную адаптацию к конфликту, в то время как люди с легкой ЧМТ - нет [8]. Электрофизиологический маркер нарушения функции поощряет контекстную чувствительность после тяжелой ЧМТ. «Отрицательность, связанная с обратной связью» (FRN) - компонент ERP, вызванный обратной связью о производительности или ответе с большим FRN после неблагоприятных, чем благоприятных исходов [31].

Считается, что цвета влияют на человеческое мышление и эмоции. Амплитуда и латентность P300 являются ценными показателями для оценки пациентов с ЧМТ, а цветовая среда красного, зеленого или темного цвета влияет на когнитивные функции [20, 34]. Lew et al. [12] измерили показатель P300 ERP, который оказался чувствительным индексом когнитивной эффективности. Пациенты с ЧМТ показали заметные нарушения электрофизиологических и поведенческих реакций при попытке обнаружить аффективные лицевые сигналы [16]. Используя слуховые и зрительные стимулы (включая аффективные стимулы лица), Doi et al. [35] проанализировали компоненты P300 ERP у пациентов после ЧМТ, чтобы оценить их когнитивные характеристики. Лью и его коллеги сравнили эффективность ERP P300 в различении пациентов с ЧМТ от здоровых контрольных субъектов. Между длительностью посттравматической амнезии и амплитудой P300 наблюдается удивительно высокая корреляция [36]. Низкая амплитуда P300 может использоваться для обнаружения эмоций [37]. Латентность N2 и P3 в пассивной задаче ERP также может использоваться в качестве показателя для оценки когнитивной функции у пациентов с диффузным повреждением головного мозга [38].

Сарно и др. [39] были направлены на исследование распределения ресурсов внимания у пациентов с ЧМТ. Они записали аудиторские ERP и обнаружили доказательства недостатков на ранних стадиях обработки информации и распределения ресурсов внимания. Анализ реакции на стандарты имел решающее значение для выявления новых аспектов нарушения внимания [39]. Отрицательность несоответствия (MMN) является компонентом слуховых EP с длительным временем ожидания и может проверять

функциональность автоматических процессов внимания внимательной обработки информации. MMN является полезным помощником для дифференциации вегетативного состояния от минимального сознательного состояния во время подострой фазы тяжелой ЧМТ [ 40 ]. Возможно, это один из наиболее достоверных предикторов исхода от комы [ 41 ].

### Методы визуализации мозга

Sozda et al. [ 20 ] подчеркнули достижения в психофизических исследованиях и исследованиях изображений при ЧМТ, которые могут улучшить наше понимание нейронных механизмов когнитивных, физических и аффективных последствий ЧМТ.

Используя методы визуализации головного мозга (например, КТ, МРТ), можно получить основные данные, которые играют важную роль в выявлении травм, связанных с травмой головного мозга, особенно при ЧМТ от средней до тяжелой. Текущие разработки в области методов визуализации головного мозга как для клинических, так и для исследовательских целей открывают большие перспективы для улучшения диагностики, понимания когнитивных нарушений и информирования при проведении лечения и реабилитации [ 42 ]. Макаллистер и его коллеги использовали фМРТ в уникальном исследовании для выявления эффектов альфа-2-адренергического агониста (гуанфацина) на рабочую память и активность мозга при легкой ЧМТ и указали на возможные фармакологические вмешательства для улучшения когнитивных нарушений при ЧМТ [ 43 ].

Фитцджеральд и Кроссон [ 44 ] представили обзор методов диффузионно-тензорной визуализации (DTI) и их применения для изучения ТВИ. DTI может измерять связанные с травмой микроструктурные изменения в головном мозге, а также эффективно используется для оценки взаимосвязи между симптомами, связанными с ЧМТ, когнитивными функциями и изменениями микроструктуры мозга и связностью белого вещества. Они пришли к выводу, что DTI имеет большие перспективы в качестве «биомаркера» легкой ЧМТ. Он имеет более высокую прогностическую ценность для нейрокогнитивных результатов по сравнению с традиционной нейровизуализацией [ 45 ].

### Генетический полиморфизм

Становится все более очевидным, что генетические факторы играют роль в когнитивных и социальных функциях человека после ЧМТ. Weaver et al. [ 46 ] рассматривают возможность влияния полиморфизма на шесть конкретных когнитивных и социальных функций после ЧМТ: рабочую память, исполнительную функцию, принятие решений, торможение и импульсивность, агрессию, социальную и эмоциональную функцию. Нейротрофический фактор головного мозга (BDNF), член семейства нейротрофинов, является сильным предиктором повседневного принятия решений, профессиональных достижений, социальной мобильности и производительности труда. Два однонуклеотидных полиморфизма, rs7124442 и rs1519480, были в значительной степени связаны с восстановлением общего когнитивного интеллекта через 30–35 лет после травмы с наиболее выраженным эффектом через 10–15 лет после травмы, что указывает на пластичность, вызванную поражением [ 52 ]. Эффект BDNF позволил понять важный аспект посттравматического когнитивного восстановления и связанный с исполнительными функциями у субъектов с ЧМТ [ 47 ]. Лица с вариантом короткого /

короткого генотипа полиморфной области, связанной с серотонин-переносчиком (5-HTTLPR), обладают повышенной чувствительностью как к положительному, так и к отрицательному восприятию воспринимаемой социальной поддержки. Ветераны с ЧМТ, по-видимому, увеличили чувствительность к социальному стрессу, а ветераны, у которых был аллель L 'после ЧМТ, оказались наихудшими, с меньшей устойчивостью и более ощутимыми ограничениями для участия в сообществе, в отличие от Ветеранов-носителей L' без ЧМТ или Ветеранов с S'S ' генотип вне зависимости от статуса ЧМТ [ 48]. Был обнаружен дефицит различий во времени ответа и точности у людей с ЧМТ, что указывает на то, что у людей с ЧМТ могут быть трудности с обработкой отдельных слов, особенно в условиях повышенного спроса со стороны руководства [ 49 ]. Kurowski et al. [ 50 ] изучают связь функционального генотипа катехол- O- метилтрансферазы (rs4680) с восстановлением исполнительных функций после ЧМТ. Стимуляция высвобождения брадикинина активированным фактором XII, вероятно, влияет на расширение вторичного повреждения мозга, способствуя образованию отека мозга и воспалению. Патологические процессы, связанные с ЧМТ, будут облегчены за счет блокирования активированного фактора XII [ 51]. Измененные уровни экспрессии микроРНК в спинномозговой жидкости после ЧМТ вместе с однонуклеотидными полиморфизмами, идентифицированными в области промотора гена микроРНК, открывают новую перспективу в механизме нарушения сознания после ЧМТ [ 52 ].

#### Вывод

В последние годы был достигнут прогресс в процессах когнитивных нарушений после черепно-мозговой травмы, таких как электрофизиологические маркеры и методы визуализации мозга. Для решения вопросов, связанных с ЧМТ и распознаванием, доступно множество новых технологий. Интеграция различных техник поможет нам понять ЧМТ, когнитивные функции и социальные функции, а также улучшить усилия по лечению и реабилитации. Электрофизиологические маркеры с добавлением чувствительных лабораторных парадигм (особенно ERP) - надежный метод прогнозирования когнитивных нарушений после травмы головного мозга.