

УДК 616-005

***ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И
ПРОГРЕССИРОВАНИЯ КОНТУЗИОННО-ГЕМОРРАГИЧЕСКИХ ОЧАГОВ***

Пискун В.А.

студент 4 курса лечебного факультета,

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный медицинский университет» МЗ РФ,

Ижевск, Россия

Фатыхов А.А.

студент 4 курса лечебного факультета,

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный медицинский университет» МЗ РФ,

Ижевск, Россия

Хатомкин Д.М.

Кандидат медицинских наук, доцент, невролог, нейрохирург

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный медицинский университет» МЗ РФ,

Ижевск, Россия

Аннотация: Данная работа посвящена анализу патогенеза черепно-мозговой травмы (ЧМТ) с акцентом на механизмы формирования и прогрессирования контузионно-геморрагических очагов. Рассматриваются первичные повреждения, возникающие в момент механического воздействия, и вторичные процессы (отек, ишемия, воспаление), усугубляющие состояние пациентов. Описаны клинические проявления очаговых поражений, долгосрочные осложнения ЧМТ, а также современные подходы к терапии, основанные на понимании этиопатогенеза. В работе обсуждаются перспективные направления исследований, включая поиск биомаркеров и совершенствование методов диагностики для улучшения исходов лечения и качества жизни пострадавших.

Ключевые слова: Черепно-мозговая травма, патогенез, геморрагии, вторичные повреждения, очаги ушиба, внутричерепное давление.

***PATHOGENETIC MECHANISMS OF FORMATION AND PROGRESSION OF
CONTUSION-HEMORRHAGIC FOCUSES***

Piskun V.A.

4th year student of the Faculty of Medicine,

Izhevsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,

Izhevsk, Russia

Fatykhov A.A.

4th year student of the Faculty of Medicine,

Izhevsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,

Izhevsk, Russia

Khatomkin D.M.

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Neurologist, Neurosurgeon

Izhevsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,

Izhevsk, Russia

Abstract: This work is devoted to the analysis of the pathogenesis of traumatic brain injury (TBI) with an emphasis on the mechanisms of formation and progression of contusion-hemorrhagic foci. It considers the primary damage that occurs at the moment of mechanical impact, as well as the secondary processes (edema, ischemia, inflammation) that aggravate the condition of patients. The paper describes the clinical manifestations of focal lesions, long-term complications of TBI, and modern approaches to therapy based on the understanding of etiopathogenesis. The paper discusses promising research areas, including the search for biomarkers and the

improvement of diagnostic methods to improve the outcomes of treatment and the quality of life of patients.

Keywords: Traumatic brain injury, pathogenesis, hemorrhages, secondary injuries, contusions, intracranial pressure.

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) представляет комплекс повреждений, включающий как контактные, так и внутричерепные повреждения. Эти травмы возникают в результате воздействия механической энергии и могут иметь серьезные последствия, включая паралич, потерю сознания и различные неврологические нарушения [23]. ЧМТ занимает третье место среди основных причин смертности, уступая лишь сердечно-сосудистым и онкологическим заболеваниям, а среди детей и молодежи предшествует всем остальным травмам [26].

Актуальность изучения патогенезов ЧМТ объясняется возрастающей частотой их возникновения. Согласно международным данным, количество случаев травмы увеличивается на 2% ежегодно, что в сочетании с высокой летальностью и последующей инвалидизацией создает серьезные социальные и экономические проблемы [19]. В России уровень заболеваемости также остается высоким, фиксируя около 600 тысяч случаев в год, из которых 50 тысяч заканчиваются летальным исходом [12].

Патогенез ЧМТ можно разделить на первичные и вторичные механизмы повреждений. Первичные повреждения вызваны непосредственным воздействием механической силы, приводящего к травме черепа и головного мозга [4]. Вторичные повреждения активируются в момент травмы и являются следствием сложных и многообразных реакций, таких как отечность, ишемия и нейротоксичность, что усугубляет состояние пострадавшего [12].

При травмах, связанных с высокими скоростями, как, например, в ДТП или падениях, происходят линейные и угловые ускорения, которые приводят к смещению и ротации мозга в черепной полости. Это, в свою очередь, может

вызывать кавитационные процессы и другие механизмы, приводящие к непосредственным повреждениям тканей мозга [4].

Глубокое понимание механизмов формирования и прогрессирования контузионно-геморрагических очагов критично для успешного подхода к восстановлению функции мозга и улучшению результатов лечения. Сложность этих механизмов требует активных исследований для выявления новых методов диагностики и лечения, что подчеркнет важность патогенетических исследований в данной области медицины [4].

Первичные механизмы повреждения при ЧМТ

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) вызывает широкий спектр повреждений, включая ушибы и размозжения тканей мозга, что приводит к формированию контузионно-геморрагических очагов. Первичное повреждение происходит в результате непосредственного воздействия силы на череп и мозг, что включает в себя механизмы ударно-противоударного воздействия и ускорение-замедление, которые могут быть представлены в разнообразных комбинациях [19].

Очаговые ушибы мозга возникают на участках, наиболее подверженных механическому воздействию, что связано с их расположением и особенностями анатомии. Ушибы ствола мозга могут приводить к серьезным неврологическим нарушениям вплоть до комы, поскольку ствол отвечает за жизненно важные функции организма [20]. При таких повреждениях происходит разрушение нейронов, что активизирует каскады воспалительных реакций, усиливающих ишемию тканей и способствующих развитию вторичных повреждений [17].

Клинические проявления зависят от тяжести повреждений и включают в себя потерю сознания, головную боль, двигательные и речевые нарушения. При ушибах различной степени тяжести наблюдаются различные симптомы; легкие формы могут сопровождаться кратковременными потерями сознания и головокружением, в то время как более тяжелые ушибы могут вызвать

длительные коматозные состояния и глубокие нарушения жизнедеятельности [22].

Важно отметить, что клиническая картина фиксируется на ранних этапах, когда еще не все сопутствующие проблемы, такие как отеки и внутричерепные гематомы, проявились в полной мере. Это подчеркивает важность ранней диагностики и быстрой реакции со стороны медицинских служб [23].

Проведенные исследования показывают, что стереотипы повреждений при ЧМТ могут варьироваться в зависимости от возрастной группы и характера травмы, что требует индивидуализированного подхода к лечению и реабилитации [17]. Направления дальнейшего изучения существуют в области патоморфологии и электроэнцефалографии, которые могут позволить детализировать патогенетические механизмы повреждения [22].

Таким образом, понимание патогенетических механизмов формирования и прогрессирования контузионно-геморрагических очагов имеет критическое значение для предотвращения неблагоприятного исхода и разработки эффективной терапии, направленной на минимизацию последствий ЧМТ [20].

Вторичные механизмы формирования геморрагий

Вторичные механизмы повреждения головного мозга после черепно-мозговой травмы (ЧМТ) представляют собой комплекс сложных процессов, развивающихся в ответ на первичное повреждение. Сразу после травмы начинается цепная реакция, приводящая к формированию зоны пенумбры. Эта зона представляет собой промежуточную область между мёртвой тканью и здоровыми участками мозга. Основными факторами, влияющими на её размеры, являются отёк и спазм артерий, возникающие из-за повреждения сосудов и метаболических изменений в ответ на травму [1].

Внутриклеточные изменения и воспалительные процессы, включающие накопление продуктов распада, способствуют дальнейшему ухудшению состояния нервных клеток. Нехватка кислорода и глюкозы усугубляет

функциональные нарушения [14]. При этом не только нейроны, но и поддерживающие клетки, такие как астроциты, могут пострадать, что затрудняет восстановление и регенерацию тканей.

Интенсивный отёк в зоне повреждения может приводить к увеличению внутричерепного давления, что вызывает дополнительные ишемические нарушения. Это создает порочный круг, поскольку повышенное давление ухудшает кровоснабжение не только повреждённых участков, но и окружающих тканей [5]. Постепенное усугубление ситуации приводит к формированию новых геморрагий и расширению зоны вторичного повреждения, что негативно сказывается на общем клиническом состоянии пациентов.

Клиническое проявление составляют варьирующие по тяжести продукты ишемии и далеко идущие последствия. Даже при адекватной первичной помощи, вторичные механизмы могут активироваться в течение нескольких часов и дней после травмы. В свою очередь, развитие инфекционных осложнений также может влиять на динамику вторичных повреждений, особенно при открытых черепно-мозговых травмах [10].

Быстрая диагностика и механизмы метаболического контроля имеют решающее значение для предотвращения вторичных повреждений. Эффективное управление давлением в черепной полости и скорейшее восстановление гемодинамики могут существенно улучшить прогноз для пациентов с ЧМТ, минимизировав последствия вторичного повреждения и содействуя восстановлению функциональной активности мозга [12].

Внутричерепные кровоизлияния, возникающие на фоне вторичных повреждений, выявляются у значительной части пациентов и служат показателем тяжести травмы. Наблюдения показывают, что адекватное и своевременное вмешательство способствует снижению риска формирования таких осложнений и повышает шансы на благоприятный исход для пострадавших [14]. Сложность и многообразие механизмов вторичных

повреждений требуют индивидуального подхода в лечении, направленного на минимизацию повреждением и скорейшее восстановление.

Клинические проявления контузионно-геморрагических очагов

Клинические проявления контузионно-геморрагических очагов при черепно-мозговой травме (ЧМТ) разнообразны и зависят от локализации, размеров и особенностей травмы. Основные симптомы, часто встречающиеся при этих поражениях, включают выраженные головные боли, головокружение и потерю сознания, которая может иметь различную продолжительность [23]. Важно отметить, что характер этих симптомов может варьироваться от лёгкого дискомфорта до тяжёлых неврологических нарушений.

При ушибах мозга и образовании внутричерепных гематом появляются очаговые симптомы, такие как слабость в конечностях, нарушения зрения и речи. Например, у пациентов могут наблюдаться трудности в произнесении слов, что связано с повреждением речевых центров головного мозга [3]. Важным аспектом является то, что при прогрессировании таких повреждений возможно развитие новых клинических проявлений, что связано с увеличением внутричерепного давления и повреждением окружающих тканей.

Тошнота и рвота также часто сопровождают ЧМТ и могут быть связаны как с травмой, так и с повышением внутричерепного давления. Эти симптомы могут возникнуть из-за раздражения рвотного центра, находящегося в продолговатом мозге [17]. Также пациенты могут отмечать изменения восприятия — состояние «тумана в голове» или спутанность сознания, которые усиливаются по мере ухудшения состояния.

Важно упомянуть, что при наличии контузионно-геморрагических очагов может развиваться посттравматическая амнезия, что затрудняет оценку периода, предшествовавшего травме, и влияет на восстановление пациента. Исследования показывают, что после получения ЧМТ многие пациенты сталкиваются с

длительными когнитивными нарушениями, что осложняет процесс реабилитации и возвращения к нормальной жизни [16].

Клинические проявления также включают физическую слабость и снижение двигательной активности, что может проявляться в виде паралича или пареза одной или обеих сторон тела. Эти симптомы обусловлены повреждением моторной коры и пути, что находит свое отражение в неврологическом статусе [19].

Поскольку тяжесть состояния пациентов может варьироваться, критически важно своевременное обращение за медицинской помощью. Неправильная оценка симптоматики может привести к отсутствию должного лечения, что повышает риск серьезных осложнений, включая глубокую инвалидность или даже летальный исход. Следовательно, необходимость в целом ряде диагностических процедур, таких как КТ и МРТ, для точного определения стадии и тяжести состояния, является неоспоримой [23].

Таким образом, комплексная оценка и адекватное реагирование на клинические проявления контузионно-геморрагических очагов при ЧМТ имеет ключевое значение для предотвращения необратимых последствий и улучшения прогноза для пациента.

Осложнения черепно-мозговой травмы

Долгосрочные осложнения черепно-мозговой травмы (ЧМТ) связываются с повреждением сосудов и тканей мозга, что приводит к функциональным нарушениям в работе разных систем организма. При наличии контузионно-геморрагических очагов возможно развитие не только неотложных состояний, но и отдаленных последствий, таких как эпилепсия, хроническая головная боль, когнитивные расстройства и двигательные нарушения [7]. Эти проблемы могут значительно ухудшить качество жизни пациента и его способность к самообслуживанию.

Осложнения могут проявляться в различной степени тяжести, что связано как с первичной травмой, так и с индивидуальными особенностями организма. Потеря памяти и снижение умственных способностей нередко наблюдаются при геморрагиях, в то время как двигательные расстройства могут варьироваться от легкого ослабления мышц до полного паралича [23]. Длительность проявлений зависит от типа травмы и выбранной терапии, что подчеркивает важность ранней диагностики и правильного подхода к лечению [24].

Полноценный процесс реабилитации включает в себя различные средства и методы, направленные на восстановление нарушенных функций. Программы могут включать физическую терапию, когнитивные тренировки и психотерапию, способствуя улучшению состояния здоровья и восстановлению навыков [18]. Однако, в случае недостаточной или неадекватной медицинской помощи, риск рецидивов и ухудшений значительно возрастает, что может привести к фатальным исходам [21].

Психологический аспект осложнений важен не менее чем физический. Посттравматические изменения могут привести к депрессии, тревожным расстройствам и социальным проблемам, что в свою очередь снижает качество жизни и ограничивает возможности социального взаимодействия [7]. Комплексный подход к лечению и реабилитации с учетом всех аспектов здоровья пациента является залогом успешного восстановления и повышения жизненного комфорта.

Этиопатогенез как основа для лечения

Понимание этиопатогенеза черепно-мозговой травмы (ЧМТ) играет центральную роль в разработке эффективных методов лечения и реабилитации пациентов. Авторы современных исследований отмечают важность интеграции данных о патогенетических механизмах в клиническую практику. Например, изучение вторичных процессов, таких как отек мозга и нарушения

цереброваскулярного кровообращения, позволяет изменить подходы к терапии на ранних стадиях травмы [23].

Терапевтические стратегии, основанные на патогенетических аспектах, включают использование нейропротективных агентов, которые направлены на минимизацию клеточного ущерба и поддержание функциональности нейронов. Так, препараты, способствующие улучшению микроциркуляции, могут предотвратить развитие необратимых изменений в тканях мозга, что особенно актуально в острый период после травмы [8].

Актуальной остается проблема оптимизации управления внутричерепным давлением, что также связано с пониманием механики ЧМТ. Применение маннитола для декомпрессии мозга и снижение внутричерепного давления на основе физиологических данных имеют доказанную эффективность [17]. В то же время, стратегии, направленные на ускорение восстановительных процессов, часто включают применение нейромодуляторов и когнитивной реабилитации на ранних этапах, что способствует улучшению исходов [6].

Наряду с это, требуется внимание к факторам риска, которые могут усугубить состояние пациентов после ЧМТ, таким как наличие сопутствующих заболеваний или ограничений в доступе к медицинской помощи. Протоколы лечения должны учитывать индивидуальные характеристики каждого пациента, что может существенно влиять на результаты лечения и последующую реабилитацию [2].

Наконец, не следует забывать о комплексном подходе к реабилитации пострадавших от ЧМТ, который включает мультидисциплинарную команду специалистов. Психологическая поддержка, наряду с физической и когнитивной реабилитацией, имеет важное значение для улучшения качества жизни пациентов и их социальной адаптации после травмы [6]. Понимание и использование патогенетических механизмов ЧМТ становятся основой для создания более эффективных терапевтических программ, способствующих улучшению исходов для пациентов.

Перспективы исследования патогенеза ЧМТ

Важно направить исследовательские усилия на выявление новых патогенетических механизмов черепно-мозговой травмы (ЧМТ) и их прогрессирования. Значительное внимание следует уделить молекулярно-генетическим и биохимическим изменениям, происходящим в мозговой ткани под воздействием травмы. Изучение взаимодействия между различными нейропротективными и нейротоксическими факторами может позволить выявить мишени для целевой терапии [13].

Разработка новых биомаркеров для раннего выявления и мониторинга состояния пациентов при ЧМТ также представляет интерес для улучшения прогноза и определения тактики лечения. В частности, использование белков, таких как Тау, GFAP и pNF-H, в клинической практике может улучшить точность диагностики и уровень оказания помощи [9]. Эти прогностические маркеры могут служить основой для создания клинико-диагностических алгоритмов, позволяющих более эффективно управлять состоянием пациента.

Далее, одним из ключевых направлений будущих исследований может стать создание и внедрение мультимодальных подходов к сбору данных о травме, в том числе путем использования современных технологий визуализации и мониторинга. Систематизация данных с помощью компьютерных алгоритмов позволит интегрировать информации о пациенте и точнее спрогнозировать его выздоровление [25]. Это даст возможность разработать стандарты и рекомендации для врача на основе больших данных, что значительно повысит уровень медицинской помощи.

Необходимо также обратить внимание на стандартизацию диагностики и классификации ЧМТ. Это позволит не только улучшить качество медицинского обслуживания, но и более точно оценить последствия травмы, а также разработать более эффективные методы реабилитации [11]. Согласование критериев диагностики поможет исследователям и практическим врачам более

точно интерпретировать клинические результаты и разрабатывать новые качественные стратегии.

Поскольку черепно-мозговая травма остается серьезной проблемой для здоровья населения в России и других странах с высоким уровнем травматизма, то социально-экономические аспекты восстановления пациентов тоже требуют детального изучения. Понимание факторов, влияющих на инвалидизацию после ЧМТ, может помочь в формировании стратегий по предотвращению этой проблематики и улучшению качества жизни [15]. Подобные исследования актуализируют необходимость создания безопасных и эффективных методов профилактики и лечения травм головного мозга.

Библиографический список

1. Петриков С. С., Крылов В. В. Вторичные повреждения головного мозга у больных с внутримозговыми кровоизлияниями // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. — 2011. — Т. 5, № 4. — С. 44–49.
2. Очаговая травма головного мозга [Электронный ресурс] : клинические рекомендации / Ассоциация нейрохирургов России. — 2025. — Режим доступа: <https://diseases.medelement.com/disease/очаговая-травма-головного-мозга-кр-рф-2025/19126>. — (дата обращения: 25.03.2026).
3. Царев А. В., Жилюк В. И., Лиевых А. Э., Букреева А. В. Тяжелая черепно-мозговая травма: современное понимание патофизиологических механизмов повреждения головного мозга // *Медичні перспективи*. — 2025. — Т. 30, № 4. — С. 112–125.
4. Клинические рекомендации — Очаговая травма головного мозга [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://disuria.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
5. Dobson G. P., Letson H. L., Morris J. L. Traumatic brain injury: Symptoms to systems in the 21st century // *Brain Research*. — 2024. — Vol. 1845. — P. 149271.
6. Особенности ведения пациентов с черепно-мозговой травмой [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://medi.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).

7. Silverberg N. D., Lee K., Mikolić A., et al. Action Collaborative on Traumatic Brain Injury Care: Adapted Clinical Practice Guideline // *Annals of Family Medicine*. — 2025. — Vol. 23, No. 6. — P. 552–569.
8. Просмотр клинических рекомендаций [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cr.minzdrav.gov.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
9. Han J. L., Zhang G. B. Роль микроглии в патогенезе черепно-мозговой травмы // *Chinese Journal of Contemporary Neurology and Neurosurgery*. — 2025. — Т. 25, № 9. — С. 784–789.
10. Судебно-медицинская экспертиза [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sudmed46.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
11. Травматические повреждения головного мозга [Электронный ресурс] // Военно-медицинская академия. — Режим доступа: <https://vmeda.mil.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
12. Тяжелая черепно-мозговая травма [Электронный ресурс] : клинические рекомендации. — Режим доступа: <https://medi.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
13. Neurotrauma: Mechanisms, Pathways, and Emerging Therapeutic Interventions [Электронный ресурс] / под ред. К. Pierre, В. Lucke-Wold. — MDPI, 2025. — 172 с. — Режим доступа: <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/165813>. — (дата обращения: 25.03.2026).
14. Лихтерман Л. Б., Потапов А. А., Кравчук А. Д., Охлопков В. А. Ушиб головного мозга: классификация, клиника, диагностика и лечение // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. — 2018. — Т. 82, № 5. — С. 89–97.
15. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение [Электронный ресурс] // РНИМУ им. Н.И. Пирогова. — Режим доступа: <https://rsmu.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
16. Черепно-мозговая травма (ЧМТ) [Электронный ресурс] // *MSD Manuals*. — Режим доступа: <https://www.msmanuals.com>. — (дата обращения: 25.03.2026).

17. Кондаков Е. Н., Кривецкий В. В. Диагностика и лечение черепно-мозговой травмы // Нейрохирургия. — 2020. — Т. 22, № 3. — С. 45–52.
18. Черепно-мозговая травма открытая, закрытая. Последствия [Электронный ресурс] // NewNeuro.ru. — Режим доступа: <https://newneuro.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
19. Черепно-мозговая травма у детей [Электронный ресурс] : клинические рекомендации / Ассоциация нейрохирургов России. — 2025. — Режим доступа: <https://diseases.medelement.com/disease/черепно-мозговая-травма-у-детей-кр-рф-2025/19125>. — (дата обращения: 25.03.2026).
20. Черепно-мозговая травма: виды, симптомы, помощь [Электронный ресурс] // Neuro-Ural.ru. — Режим доступа: <https://www.neuro-ural.ru>. — (дата обращения: 25.03.2026).
21. Потапов А. А., Лихтерман Л. Б., Кравчук А. Д., Охлопков В. А. Отдаленные последствия черепно-мозговой травмы // Российский нейрохирургический журнал. — 2019. — Т. 11, № 2. — С. 23–30.
22. Sandburg B. Treat, Don't Wait: New Protocols for Persistent Symptoms of Traumatic Brain Injury [Электронный ресурс] // Medscape. — 2025. — 24 ноября. — Режим доступа: <https://www.medscape.com/viewarticle/treat-dont-wait-new-protocols-persistent-symptoms-traumatic-2025a1000wtx>. — (дата обращения: 25.03.2026).
23. Гусев Е. И., Коновалов А. Н., Скворцова В. И. Черепно-мозговая травма: клиника, диагностика и лечение // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. — 2021. — Т. 121, № 5. — С. 7–15.
24. Коновалов А. Н., Потапов А. А., Лихтерман Л. Б., Кравчук А. Д. Первая помощь при черепно-мозговой травме // Скорая медицинская помощь. — 2020. — Т. 21, № 4. — С. 12–18.
25. Яриков А. В., Фраерман А. П., Ермолаев А. Ю., [и др.]. Черепно-мозговая травма: современное состояние проблемы, эпидемиология и аспекты хирургического лечения // Амурский медицинский журнал. — 2020. — № 2 (30). — С. 78–86.

26. Моторико В. В., Степура А. С., Маслова Н. Н. Эпидемиология и основные аспекты патогенеза тяжелой черепно-мозговой травмы // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. — 2004. — № 3. — С. 112–118.