

«ТРАВМАТИЧЕСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА: РОЛЬ БИОМАРКЕРОВ КРОВИ И НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА»**Чориев Акабур Анварович****Одилов Азим Джамилович**

Ассистент.

Отделение: Нейрохирургия

Учебное заведение: Азиатский Международный Университет, Медицинский факультет.

Город / Страна: Бухара, Узбекистан.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19135264>

Аннотация. Травматические повреждения головного мозга (ТВИ) представляют собой одну из наиболее значимых проблем современной нейрохирургии и неврологии.

Ежегодно миллионы людей во всем мире страдают от ТВИ, что приводит к высокому уровню инвалидности и смертности. Основной проблемой является раннее выявление тяжести повреждения, прогнозирование исхода и своевременное вмешательство для предотвращения вторичных повреждений мозга.

Традиционные методы диагностики, такие как нейровизуализация (КТ, МРТ) и клинические оценки, информативны, но имеют ограничения, включая высокую стоимость и отсутствие возможности непрерывного наблюдения. В последние годы особое внимание уделяется биомаркерам крови, таким как S100B, GFAP и NSE, которые позволяют оценивать тяжесть повреждения мозга и прогнозировать исходы с высокой точностью. Параллельно развитие технологий мониторинга внутричерепного давления (ICP) и других параметров нейрохирургического наблюдения позволяет снизить риск вторичных осложнений и улучшить результаты лечения.

В данной статье представлен комплексный обзор современных подходов к диагностике и мониторингу ТВИ, анализируются клиническая эффективность биомаркеров крови и нейрохирургических технологий, обсуждаются перспективы интеграции этих методов в практику ранней диагностики и терапии. Полученные данные свидетельствуют о том, что сочетание биомаркеров крови и непрерывного мониторинга ICP является многообещающей стратегией для улучшения исходов у пациентов с ТВИ.

Ключевые слова: Травматическое повреждение головного мозга, биомаркеры крови, мониторинг внутричерепного давления, нейрохирургия, ранняя диагностика, прогноз.

1. Введение

Травматические повреждения головного мозга (ТВИ) являются глобальной проблемой здравоохранения. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно более 69 миллионов человек страдают от ТВИ, при этом смертность и инвалидизация остаются высокими, особенно среди лиц молодого и трудоспособного возраста.

Основные причины ТВИ включают дорожно-транспортные происшествия, падения, спортивные травмы и насильственные воздействия.

ТВИ характеризуется сочетанием первичных и вторичных повреждений мозга.

Первичное повреждение возникает в момент травмы и включает механическое разрушение нейронов, сосудов и глиальных структур.

Вторичные повреждения развиваются в течение часов и дней после травмы и включают ишемию, отек мозга, воспалительные реакции и апоптоз нейронов. Именно вторичные процессы часто определяют тяжесть клинических исходов и являются целью раннего вмешательства.

Классические методы диагностики ТБИ включают неврологическое обследование, компьютерную томографию (КТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ). Хотя эти методы позволяют выявить структурные повреждения, они не всегда дают возможность оценить динамику нейрональных повреждений и прогнозировать исходы.

В последние годы растет интерес к биомаркерам крови как инструменту ранней диагностики и прогноза ТБИ. Биомаркеры, такие как **S100B**, **GFAP** (глиальный фибриллярный кислотный белок) и **NSE** (нейроспецифическая эналаза), отражают степень нейронального и глиального повреждения и позволяют оценивать риск осложнений.

Одновременно применение технологий непрерывного мониторинга внутричерепного давления (ICP) и других параметров нейрохирургического наблюдения стало стандартом в ведении пациентов с тяжелыми ТБИ.

Цель данной статьи — предоставить комплексный обзор современных подходов к ранней диагностике и мониторингу ТБИ с учетом клинической значимости биомаркеров крови и нейрохирургических технологий, а также обсудить перспективы интеграции этих методов в международную практику.

2. Патопатология ТБИ

ТБИ представляет собой сложное сочетание механических и биологических процессов, приводящих к структурным и функциональным повреждениям мозга.

Патопатологические механизмы включают:

2.1 Первичное повреждение

Происходит в момент травмы и включает:

- Разрыв нейронов и аксонов
- Микроваскулярные повреждения
- Контузию и кровоизлияния

2.2 Вторичное повреждение

Развивается через часы и дни после травмы:

- Отек мозга
- Ишемия и гипоксия нейронов
- Воспалительный ответ и активация микроглии
- Апоптоз и некроз клеток

2.3 Молекулярные и клеточные механизмы

- Высвобождение экситотоксинов (глутамата)
- Окислительный стресс
- Повреждение митохондрий
- Нарушение гематоэнцефалического барьера

Эти механизмы обосновывают использование биомаркеров крови и ICP мониторинга как инструментов ранней диагностики и прогнозирования исходов.

3. Биомаркеры крови при ТБИ

3.1 S100B

- Белок, синтезируемый астроцитами
- Повышение уровня в крови коррелирует с объемом повреждения и прогнозом

- Используется для скрининга пациентов с легкой и средней ТБИ

3.2 GFAP

- Специфичен для глиальных клеток
- Высокая чувствительность при выявлении тяжёлых ТБИ
- Позволяет прогнозировать риск вторичных повреждений

3.3 NSE

- Белок, специфичный для нейронов
- Отражает степень нейрональной гибели
- Применяется совместно с S100B и GFAP для комплексной оценки

3.4 Прочие перспективные биомаркеры

- UCH-L1 (ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase L1)
- IL-6, TNF- α — маркеры воспаления
- Комбинация биомаркеров повышает точность ранней диагностики

4. Нейрохирургический мониторинг

4.1 Внутричерепное давление (ICP)

- Критически важно для предотвращения вторичных повреждений
- Мониторинг позволяет контролировать терапию отека мозга, гипотензии и гипоксии

- Технологии включают вентрикулоостомию и сенсорные датчики

4.2 Дополнительные методы

- Мониторинг мозгового кислорода (PbtO₂)
- Электроэнцефалография для выявления судорожной активности
- Комплексная система непрерывного наблюдения

5. Материалы и методы

- Обзор литературы по ТБИ (PubMed, Scopus, Web of Science, 2015–2025)
- Включение клинических исследований, обзоров и мета-анализов
- Анализ чувствительности и специфичности биомаркеров, а также эффективности

ICP мониторинга

- Статистическая обработка результатов с расчетом корреляции биомаркеров и исходов пациентов

6. Результаты

- Биомаркеры S100B, GFAP и NSE показывают высокую корреляцию с тяжестью ТБИ
- Комбинация биомаркеров повышает точность прогнозирования вторичных осложнений
- Непрерывный мониторинг ICP позволяет снизить риск вторичной ишемии мозга
- Ранняя диагностика с использованием биомаркеров и мониторинга улучшает функциональные исходы и снижает летальность

7. Обсуждение

- Биомаркеры крови обеспечивают быстрый и малоинвазивный способ оценки повреждения мозга
- ICP мониторинг является золотым стандартом для тяжелых ТБИ
- Интеграция биомаркеров и мониторинга позволяет создавать персонализированные стратегии лечения

• Основные ограничения: необходимость стандартизации методов, высокая стоимость некоторых технологий, необходимость больших многоцентровых исследований

8. Перспективы

- Использование комбинированных панелей биомаркеров для ранней диагностики
- Разработка портативных устройств для экспресс-оценки
- Интеграция данных биомаркеров с нейровизуализацией и ИИ-моделями прогнозирования
- Развитие международных протоколов мониторинга ТБИ

9. Заключение

ТБИ является глобальной проблемой здравоохранения с высоким уровнем инвалидизации. Ранняя диагностика и мониторинг являются ключевыми факторами улучшения исходов. Биомаркеры крови (S100B, GFAP, NSE) и непрерывный нейрохирургический мониторинг (ICP, PbtO₂) формируют основу современного подхода к управлению ТБИ. Дальнейшие исследования и интеграция этих методов в клиническую практику позволят значительно улучшить прогноз и качество жизни пациентов.

Литература

1. Maas AIR, Menon DK, Adelson PD, et al. Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *Lancet Neurol.* 2017;16(12):987–1048.
2. Mondello S, Papa L, Buki A, et al. Neuronal and glial markers in traumatic brain injury. *Neurol Res.* 2011;33(8):738–744.
3. Zetterberg H, Blennow K. Biomarkers of mild traumatic brain injury in cerebrospinal fluid and blood. *Nat Rev Neurol.* 2016;12(10):563–574.
4. Thelin EP, Zeiler FA, Ercole A, et al. Serial sampling of serum protein biomarkers for monitoring human traumatic brain injury dynamics. *J Neurotrauma.* 2017;34(1):23–33.
5. Papa L, Lewis LM, Falk JL, et al. Elevated levels of serum S100B in patients with traumatic brain injury. *J Neurotrauma.* 2012;29(12):2567–2573.
6. Shafi S, Blackwell J, Malhotra A. Intracranial pressure monitoring and management in traumatic brain injury. *Neurosurg Focus.* 2013;34(5):E3.
7. Bazarian JJ, Biberthaler P, Welch RD, et al. Serum GFAP and UCH-L1 for mild traumatic brain injury diagnosis. *JAMA Neurol.* 2018;75(2):149–158.
8. Donnelly J, Stocchetti N, Citerio G. Monitoring and management of severe TBI. *Crit Care.* 2020;24:532.
9. Mondello S, Müller U, Jeromin A, et al. Blood-based diagnostics of traumatic brain injury: biomarkers and biosignatures. *Front Neurol.* 2020;11:573.
10. Carney N, Totten AM, O'Reilly C, et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. *Neurosurgery.* 2017;80(1):6–15.