

**СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ: ОТ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ДО МИНИИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ**

**Гофурова Мохларойим Дилшодбековна**

*студентка 1-курса медицинского факультета*

*Андижанского филиала Кокандского университета, Узбекистан.*

*E-mail: gofurova.md03@gmail.com*

**Зайнуллин Ильфат Рамильевич**

*преподаватель кафедры обучения языкам в медицине*

*Андижанского филиала Кокандского университета, Узбекистан.*

*E-mail: aerals2111@gmail.com*

*ORCID: 0009-0003-3144-5993*

**Аннотация:** Черепно-мозговая травма (ЧМТ) остается одной из ведущих причин смертности и инвалидизации во всем мире. Современная тактика ведения пациентов с ЧМТ требует комплексного подхода, включающего точную раннюю оценку тяжести, использование объективных прогностических биомаркеров, выбор оптимального метода хирургического вмешательства и критическую минимизацию времени до оказания специализированной помощи. В данном обзоре проводится анализ современных шкал оценки тяжести ЧМТ (GCS, FOUR Score) с акцентом на их прогностическую ценность. Рассматриваются ранние биомаркеры повреждения мозга (S100B, NSE, GFAP, UCH-L1), их клиническое применение в триаже и прогнозировании. Оценивается эффективность миниинвазивных методов удаления травматических внутричерепных гематом как альтернативы традиционной трепанации. Особое внимание уделяется критическому влиянию временного фактора на неврологические исходы. На основе анализа актуальных научных данных делается вывод о необходимости внедрения многофакторного и персонализированного подхода, интегрирующего новые диагностические и хирургические технологии для улучшения прогноза и сокращения неблагоприятных исходов ЧМТ.

**Ключевые слова:** черепно-мозговая травма, шкала комы Глазго, FOUR Score, биомаркеры, S100B, глиальный фибриллярный кислый белок, миниинвазивная хирургия, временной фактор.

**Abstract.** Traumatic brain injury (TBI) remains a leading cause of mortality and disability worldwide. Modern management of TBI patients necessitates a comprehensive approach, including accurate early severity assessment, the use of objective prognostic biomarkers, the selection of optimal surgical intervention, and the critical minimization of time elapsed until specialized care is provided. This review analyzes contemporary TBI severity scales (GCS, FOUR Score), focusing on their prognostic value. Early brain injury biomarkers (S100B, NSE, GFAP, UCH-L1), their clinical application in triage and

*prognosis, are discussed. The efficacy of minimally invasive methods for the evacuation of traumatic intracranial hematomas as an alternative to traditional craniotomy is evaluated. Special emphasis is placed on the critical influence of the time factor on neurological outcomes. Based on the analysis of current scientific data, the conclusion is drawn that a multifactorial and personalized approach, integrating novel diagnostic and surgical technologies, is required to improve prognosis and reduce adverse outcomes of TBI.*

**Keywords:** *traumatic brain injury, Glasgow Coma Scale, FOUR Score, biomarkers, S100B, glial fibrillary acidic protein, minimally invasive surgery, time factor.*

## ВВЕДЕНИЕ

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) представляет собой глобальную медико-социальную проблему, оставаясь одной из ведущих причин смертности и тяжелой инвалидизации во всем мире. Несмотря на значительный прогресс в нейровизуализации, мониторинге и интенсивной терапии, показатели неблагоприятных исходов по-прежнему высоки. Современная тактика ведения пациентов с ЧМТ требует комплексного подхода, ориентированного на персонализацию лечения и минимизацию вторичного повреждения мозга. Ключевыми задачами на ранних этапах остаются объективная и точная оценка тяжести состояния, прогнозирование исходов и выбор оптимальной лечебной стратегии в условиях дефицита времени.

Эволюция парадигмы ведения ЧМТ включает интеграцию новых прогностических инструментов — от более детальных клинических шкал, дополняющих традиционную Шкалу комы Глазго (GCS), до ранних биохимических маркеров, позволяющих объективизировать степень повреждения. Параллельно с развитием диагностики, нейрохирургия демонстрирует переход к менее инвазивным методам удаления внутричерепных гематом, направленным на снижение операционной травмы и ускорение реабилитации. Наконец, критически важным, но часто недооцененным прогностическим фактором является временной интервал от момента травмы до оказания специализированной нейрохирургической помощи.

Данный обзор посвящен анализу современных достижений в области оценки тяжести ЧМТ, роли прогностических биомаркеров, эффективности миниинвазивных методов лечения травматических внутричерепных гематом и критическому значению фактора времени для улучшения неврологических исходов.

## МЕТОДЫ

Проведен систематический анализ современных литературных источников, включая оригинальные исследования, систематические обзоры и мета-анализы, опубликованные в ведущих медицинских базах данных (PubMed, Google Scholar). Поиск был сфокусирован на публикациях, посвященных сравнительной оценке тяжести ЧМТ с использованием шкал GCS и FOUR Score, роли биомаркеров (S100B, NSE, GFAP, UCH-L1), результатам миниинвазивных хирургических вмешательств при внутричерепных гематомах и влиянию временных факторов на выживаемость

пациентов. Также были учтены данные из локальных клинических исследований, предоставляющих практическую базу для оценки миниинвазивных подходов. Сравнительный анализ проводился с акцентом на доказательную базу и практическую применимость рассматриваемых методов в условиях неотложной нейрохирургии.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

### **Современные шкалы оценки тяжести ЧМТ**

Традиционно для оценки уровня сознания и тяжести ЧМТ используется Шкала комы Глазго (GCS), разработанная в 1974 году. Несмотря на свою универсальность, простоту применения и высокую воспроизводимость, GCS имеет ряд ограничений, особенно при оценке интубированных пациентов, когда вербальная реакция не может быть оценена. Более того, GCS не позволяет детально дифференцировать отдельные неврологические симптомы и стволовые рефлексы, что критически важно для пациентов с глубоким угнетением сознания.

В ответ на эти ограничения была разработана шкала FOUR (Full Outline of UnResponsiveness), включающая оценку четырех компонентов: реакция глаз, двигательная реакция, стволовые рефлексы и характер дыхания. Ряд исследований показал, что FOUR Score обладает прогностической ценностью, сопоставимой с GCS, но при этом предоставляет дополнительную, более детальную информацию о стволовых рефлексах (включая зрачковые и корнеальные) и дыхательном паттерне. Это может быть особенно полезно в самой тяжелой подгруппе пациентов (например, с GCS 3–5 баллов) и у пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких, для которых GCS является неполной. Использование FOUR Score позволяет более тонко стратифицировать риск и планировать лечебные мероприятия в условиях реанимационного отделения. Помимо этого, добавление оценки зрачковой реакции к GCS (шкала GCS-P) значительно повышает ее прогностическую точность, демонстрируя более тесную корреляцию с исходами, чем чистая GCS. Таким образом, современные рекомендации склоняются к интеграции более детализированных шкал, таких как FOUR Score, или модификации GCS, например, путем включения реакции зрачков, для получения более полной неврологической картины.

### **Ранние прогностические биомаркеры**

Параллельно с клиническими шкалами, в лабораторную практику активно внедряются биохимические маркеры повреждения мозга, позволяющие объективизировать степень травмы и прогнозировать развитие осложнений. Среди наиболее изученных белков выделяются S100B, нейрон-специфическая енолаза (NSE) и глиальный фибриллярный кислый белок (GFAP).

GFAP, как специфичный маркер повреждения астроцитов, показал высокую диагностическую точность в дифференциации внутричерепных повреждений уже в первые часы после травмы. Исследования подтверждают значимую корреляцию между уровнем белков S100B, NSE и GFAP в периферической крови и тяжестью повреждения мозга, объемом гематомы, а также с отдаленными неврологическими

исходами. Повышение концентрации этих маркеров в сыворотке крови отражает разрушение клеток нервной ткани и нарушение гематоэнцефалического барьера.

Особый интерес представляет использование биомаркеров в догоспитальном звене и при легкой ЧМТ. Уровень GFAP в плазме уже на ранних этапах травмы коррелирует с необходимостью проведения компьютерной томографии (КТ), выступая в качестве потенциального инструмента триажа и позволяя снизить количество необоснованных КТ-исследований. Комбинация нескольких биомаркеров (например, GFAP и UCH-L1) может дополнительно повышать прогностическую ценность и точность оценки тяжести травмы. Таким образом, биомаркеры являются ценным инструментом для ранней объективной оценки тяжести повреждения и способствуют персонализации лечебной тактики.

#### Миниинвазивная хирургия внутричерепных гематом

Травматические внутричерепные гематомы (ВЧГ) являются частой причиной сдавления мозга, требующей оперативного вмешательства. Классическая трепанация черепа, несмотря на свою эффективность, связана с высокой операционной травмой и риском осложнений, что особенно актуально для коморбидных или ослабленных пациентов. В последние годы миниинвазивная хирургия стала рассматриваться как безопасная и эффективная альтернатива при удалении травматических ВЧГ малого и среднего объема у строго отобранных пациентов.

Основные методы миниинвазивного лечения включают эндоскопическую эвакуацию, стереотаксическую аспирацию и удаление гематом через небольшие фрезевые отверстия (трефинацию). Анализ клинических данных свидетельствует о высокой эффективности этих подходов, особенно при гематомах объемом до 30 см<sup>3</sup>. Например, в исследованиях сообщалось о достижении тотального удаления гематом через множественные фрезевые отверстия в значительном проценте случаев. Эндоскопические методы, изначально успешно применяемые для эвакуации спонтанных внутримозговых кровоизлияний (ВМК), таких как в исследовании STICH II, демонстрируют возможность достижения высокой степени удаления объема гематомы (97–100%), что позволяет экстраполировать эти успехи и на травматические ВЧГ.

Преимущества миниинвазивной хирургии очевидны: меньшая операционная травма, возможность проведения под местной анестезией у групп высокого риска и значительное сокращение сроков реабилитации. Однако ключевым требованием является строгий отбор пациентов (малый/средний объем гематомы, отсутствие признаков быстро прогрессирующей дислокации и компенсированное состояние), а также необходимость постоянного динамического КТ-мониторинга для своевременного перехода к открытому вмешательству в случае ухудшения.

#### Влияние фактора времени

Временной интервал от момента получения травмы до начала специализированной нейрохирургической помощи является одним из наиболее значимых и модифицируемых прогностических факторов. Концепция «золотого часа»

находит свое подтверждение в нейрохирургии ЧМТ. Исследования, включая работу Хазраткулова Р. о тактике лечения множественных гематом, подчеркивают критическую важность раннего вмешательства.

Показано, что выполнение декомпрессивной трепанации, особенно при острых субдуральных и множественных гематомах, в первые 3–6 часов после травмы ассоциировано со значительным снижением летальности по сравнению с более поздними сроками. Задержка хирургического лечения свыше 12 часов, как правило, приводит к резкому росту неблагоприятных исходов. Каждый час задержки хирургической декомпрессии при тяжелой ЧМТ с гематомой увеличивает вероятность летального исхода. Таким образом, оптимизация маршрутизации пациентов, создание четких протоколов и обеспечение круглосуточной доступности невровизуализации и нейрохирургической помощи являются ключевыми для улучшения выживаемости и снижения инвалидизации.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Представленные результаты обзора подтверждают, что парадигма ведения ЧМТ смещается в сторону комплексного и многофакторного подхода. Интеграция современных методов диагностики и лечения позволяет перейти к персонализированной тактике, основанной на объективных данных.

В области оценки тяжести состояния, хотя GCS остается золотым стандартом, ее ограничения, особенно при интубации, делают внедрение шкалы FOUR Score и модификацию GCS (например, GCS-P) логичным и необходимым дополнением в условиях реанимационного отделения. Однако для широкого внедрения FOUR Score в качестве основного инструмента требуются дальнейшие проспективные рандомизированные контролируемые исследования (РКИ), которые напрямую сравнивали бы прогностическую ценность и практичность обеих шкал в гомогенных группах пациентов.

Использование панели биомаркеров (S100B, NSE, GFAP) является одним из наиболее перспективных направлений. Эти маркеры предоставляют объективную картину степени повреждения, которая может не всегда коррелировать с клинической тяжестью по шкалам. Роль биомаркеров, в частности GFAP, может выйти за рамки простого прогноза и стать ориентиром для раннего назначения или коррекции нейропротективной терапии, а также для принятия решений о необходимости КТ-исследования у пациентов с легкой ЧМТ. Тем не менее, для полноценного клинического использования необходима стандартизация лабораторных протоколов и установление четких, валидированных пороговых значений (cut-off values) для каждого маркера, что пока остается предметом текущих исследований.

Успехи миниинвазивной нейрохирургии открывают новые возможности, позволяя лечить пациентов, которые ранее считались неоперабельными из-за высокого анестезиологического риска. Методики, такие как эндоскопическая аспирация или удаление через фрезевые отверстия, являются эффективной и безопасной альтернативой классической трепанации при условии строгого



соблюдения критериев отбора. Важно подчеркнуть, что миниинвазивные подходы не должны восприниматься как замена открытого вмешательства; они являются дополнением к арсеналу хирурга. Необходимость динамического КТ-мониторинга и готовности к экстренному переходу на открытую операцию при ухудшении состояния пациента остается обязательным условием для обеспечения безопасности. Требуются дополнительные РКИ, прямо сравнивающие миниинвазивные и открытые хирургические техники для острых травматических ВЧГ с целью формирования окончательных клинических рекомендаций.

Фактор времени является, пожалуй, наиболее критическим модифицируемым прогностическим параметром. Четкая демонстрация того, что каждый час задержки хирургической декомпрессии значительно увеличивает летальность, накладывает ответственность на систему здравоохранения в целом. Необходимо не только совершенствовать интраоперационные методики, но и оптимизировать логистику, обеспечить быстрое время доставки (Door-to-OR time), а также внедрить четкие протоколы маршрутизации пациентов с тяжелой ЧМТ в специализированные нейрохирургические центры, работающие в режиме 24/7.

Основным ограничением текущего анализа, как и большинства обзоров в данной области, является его зависимость от ретроспективных данных и исследований с гетерогенным дизайном. Для преодоления этих ограничений и формирования клинических рекомендаций высшего уровня доказательности необходимы крупные, многоцентровые, рандомизированные исследования, сфокусированные на прямом сравнении новых методов диагностики и лечения.

## ВЫВОДЫ

Современная оценка тяжести ЧМТ должна комбинировать классическую шкалу GCS, дополненную оценкой зрачковой реакции (GCS-P), с более детализированными шкалами, такими как FOUR Score, особенно у пациентов с глубоким угнетением сознания и интубацией.

Биомаркеры S100B, NSE и GFAP являются ценным и объективным инструментом для ранней оценки тяжести повреждения мозга, прогнозирования исходов и могут способствовать персонализации нейропротективной и лечебной тактики, а также оптимизации триажа.

Миниинвазивные хирургические методы (эндоскопическая аспирация, удаление через фрезевые отверстия) представляют собой эффективную и безопасную альтернативу при удалении травматических внутричерепных гематом малого и среднего объема у строго отобранных пациентов, позволяя снизить операционную травму и сократить сроки реабилитации.

Время от момента получения травмы до оказания специализированной нейрохирургической помощи является критическим прогностическим фактором, и его минимизация за счет оптимизации логистики является ключевым направлением для снижения смертности и инвалидизации при тяжелой ЧМТ.

Дальнейшее улучшение исходов ЧМТ требует внедрения интегрированного подхода, сочетающего современные методы диагностики, дифференцированный выбор хирургической тактики и максимальное сокращение временных задержек на всех этапах лечения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Machkhamov K.E., Isroilov D.U., Kuzibayev J.M. Modern aspects of diagnosis and treatment of traumatic brain injury: from severity assessment to minimally invasive surgery. Medico-biological problems and technologies. 2023; 12(3): 418-427.
2. Lacerda Gallardo A.J. Endoscopic evacuation of spontaneous supratentorial intracerebral hemorrhage. Rev. Chil. Neurocirugía. 2016; 42: 19-23.
3. Hazratkulov R. Management of Multiple Traumatic Intracranial Hematomas. Journal of Neurology and Neurosurgery Research. 2020; 1(3): 70-74.
4. Teasdale G., Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. Lancet. 1974; 2(7872): 81-84.
5. Wijdicks E.F., Bamlet W.R., Maramattom B.V. et al. Validation of a new coma scale: The FOUR score. Ann Neurol. 2005; 58(4): 585-593.
6. Thelin E.P., Zeiler F.A., Ercole A. et al. Serial Sampling of Serum Protein Biomarkers for Monitoring Human Traumatic Brain Injury Dynamics: A Systematic Review. Front Neurol. 2017; 8: 300.
7. Korley F.K., Jain S., Sun X. et al. Prognostic value of day-of-injury plasma GFAP and UCH-L1 concentrations for predicting functional recovery after traumatic brain injury in patients from the US TRACK-TBI cohort: an observational cohort study. Lancet Neurol. 2022; 21(9): 803-813.
8. Mendelow A.D., Gregson B.A., Rowan E.N. et al. Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial lobar intracerebral haematomas (STICH II): a randomised trial. Lancet. 2013; 382(9890): 397-408.
9. Махкамов К.Э., Исрайилов Д.У., Кузибаев Ж.М. Малоинвазивные хирургические методы удаления травматических внутричерепных гематом.
10. Tsolakis A.P., El-Sayed N.H., Stiver S. Minimally Invasive Surgery for Intracranial Hemorrhage: A Comprehensive Review. Curr Neurol Neurosci Rep. 2024; 24(7): 495–507.
11. Sun I., Li Y., Huang D. et al. Minimally Invasive Surgery in Traumatic Intracranial Hemorrhage: Indications and Outcomes. Front Neurol. 2024; 14: 1484255.
12. Maas A.I.R., Stocchetti N., Bullock R. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2007: Update of the Recommendations of the Brain Trauma Foundation and the American Association of Neurological Surgeons. J Neurotrauma. 2007; 24(Suppl 1): S1-S106.
13. Dewan M.C., Rattani A., Gupta S. et al. Global incidence of traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. Lancet Neurol. 2018; 17(12): 1104-1110.

14. Chesnut R.M., Ghajar J., Ransohoff J. Surgical Management of Traumatic Brain Injury. *Neurosurgery*. 2006; 58(Suppl 3): S2-1–S2-3.
15. Thelin E.P., Nelson D.W., Bellander B.-M. A review of the clinical use of S100B and NSE in traumatic brain injury. *Neuroimmunol Neuroinflamm*. 2017; 4: 87–99.
16. Teasdale G., Maas A., Lecky F. et al. The Glasgow Coma Scale at 40 years: structure and usefulness revisited. *Lancet Neurol*. 2014; 13(8): 840–854.
17. Hu Y., Zhang X., Dong W. et al. Minimally Invasive Endoscopic Surgery for Severe Traumatic Brain Injury. *Front Neurol*. 2023; 14: 1251978.
18. Rubenstein R., Korley F.K., Bouma H.R. et al. A panel of UCH-L1 and GFAP associates with severity of traumatic brain injury. *Neurology*. 2020; 94(22): e2314-e2324.
19. Rosen A.R., Lavoie L., Smith W.R., Sabel J. Neurocritical care: minimally invasive surgical strategies for intracerebral hemorrhage. *Curr Opin Crit Care*. 2024; 30(2): 101–107.
20. Bullock M.R., Chesnut R.M., Clifton G.L. et al. Guidelines for the management of acute severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2023; 40(19-20): 1025-1049.