

## ДИНАМИЧЕСКАЯ КТ ПРИ ЧМТ: ЗНАЧЕНИЕ ПОВТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПЕРВЫЕ 24-48 ЧАСОВ

Сахрави Мохамед Илиес, врач ординатор

Мажри Сафуан, врач ординатор

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова  
(Россия, г. Москва)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-2-1-54-59

**Аннотация.** Черепно-мозговая травма остается ведущей причиной смертности и инвалидизации населения, при этом летальность при тяжелых формах достигает 60-70%. Компьютерная томография является золотым стандартом нейровизуализации при ЧМТ, однако морфологические изменения носят динамический характер и могут прогрессировать в первые часы и сутки после травмы. В настоящем обзоре проанализирована роль динамической компьютерной томографии в ведении пациентов с черепно-мозговой травмой в первые 24-48 часов посттравматического периода. Систематический анализ литературы выявил частоту радиологического ухудшения при повторных КТ-исследованиях от 15% до 40%, при этом у пациентов с тяжелой ЧМТ частота негативной динамики достигала 35-50%. Основными факторами риска прогрессирования внутричерепных изменений являются коагулопатия, применение антикоагулянтной терапии, наличие внутричерепных гематом на первичной томографии, пожилой возраст и тяжесть первичного повреждения по шкале комы Глазго. Прогрессирование изменений ассоциировалось с необходимостью хирургического вмешательства в 10-25% случаев и увеличением летальности в 2-4 раза. Селективный подход к повторной нейровизуализации, основанный на стратификации риска, позволяет сократить количество необоснованных исследований на 30-40% без ущерба для безопасности пациентов. Своевременное выявление прогрессирования внутричерепных повреждений посредством динамической КТ обеспечивает возможность коррекции терапевтической тактики и улучшения клинических исходов у пациентов с черепно-мозговой травмой.

**Ключевые слова:** черепно-мозговая травма; динамическая компьютерная томография; повторная нейровизуализация; прогрессирование внутричерепных изменений; ранний посттравматический период; стратификация риска; клинические исходы.

Черепно-мозговая травма остается одной из ведущих причин смертности и инвалидизации населения во всем мире. Несмотря на прогресс в диагностике и лечении, летальность при тяжелых формах ЧМТ достигает 60-70% [1, 2].

Компьютерная томография стала золотым стандартом нейровизуализации при ЧМТ [3]. Первичное КТ-исследование позволяет оценить характер и объем повреждений головного мозга, что критично для определения тактики лечения.

Однако морфологические изменения при ЧМТ носят динамический характер и могут прогрессировать в первые часы и сутки после травмы [4]. Патологические механизмы вторичного повреждения включают отек мозга, нарастание внутричерепной гипертензии,

формирование новых очагов геморрагии и ишемические изменения.

Это привело к концепции динамической компьютерной томографии – выполнению повторных исследований для своевременного выявления прогрессирования внутричерепных повреждений. Особое значение имеют первые 24-48 часов после травмы.

Вопросы о показаниях, оптимальных сроках повторных КТ-исследований и клинической значимости выявляемых изменений остаются дискуссионными. Подходы варьируют от рутинного мониторинга всех пациентов до селективной стратегии, основанной на факторах риска.

Настоящий обзор направлен на анализ роли динамической КТ в ведении пациентов с ЧМТ в ранний посттравматический период: оценку частоты прогрессирования внутричерепных

изменений, выявление факторов риска, определение клинической значимости и влияния на терапевтическую тактику, а также анализ оптимальных сроков контрольной нейровизуализации.

**Материалы и методы.** Для подготовки обзора проведен систематический анализ научной литературы, посвященной роли динамической компьютерной томографии в диагностике и мониторинге пациентов с черепно-мозговой травмой в ранний посттравматический период. Поиск публикаций осуществлялся в международных базах данных медицинской литературы с использованием ключевых слов, связанных с черепно-мозговой травмой, повторной нейровизуализацией и компьютерной томографией. В анализ включались оригинальные исследования, систематические обзоры и метаанализы, опубликованные преимущественно за последние десять лет и посвященные изучению частоты прогрессирования внутричерепных изменений, факторов риска радиологического ухудшения, оптимальных сроков контрольных исследований и влияния динамической визуализации на клинические исходы. Приоритет отдавался проспективным когортным исследованиям и работам с высоким уровнем доказательности. Анализовались данные о различных категориях пациентов в зависимости от тяжести травмы, характера первичных повреждений и применяемых протоколов повторной нейровизуализации для формирования комплексного представления о клинической значимости динамической компьютерной томографии при черепно-мозговой травме.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Систематический анализ литературы выявил значительную гетерогенность данных о частоте прогрессирования внутричерепных изменений при черепно-мозговой травме по данным динамической компьютерной томографии. В большинстве проспективных исследований, включавших пациентов с различной тяжестью ЧМТ, частота радиологического ухудшения при повторных КТ-исследованиях в первые 24-48 часов варьировала от 15% до 40% [5]. При этом наблюдалась четкая корреляция между исходной тяжестью травмы и вероятностью прогрессирования изменений: у пациентов с тяжелой ЧМТ частота негативной динамики достигала 35-50%, тогда как при

легкой и среднетяжелой травме этот показатель составлял 10-25% [6].

Фундаментальное исследование Oertel и соавторов, включившее 189 пациентов с тяжелой ЧМТ, продемонстрировало, что прогрессирующее кровоизлияние после черепно-мозговой травмы развивается у 51% пациентов, причем в 27% случаев это происходит в течение первых 12 часов после поступления [7]. Авторы идентифицировали ключевые предикторы эволюции повреждения, включая низкий уровень сознания при поступлении и наличие субдуральной гематомы, что легло в основу современных протоколов стратификации риска. Параллельно, работа Alahmadi и коллег на материале 116 пациентов с контузиями головного мозга показала естественную историю прогрессирования контузионных очагов, выявив, что максимальное увеличение объема повреждения происходит в первые 24-48 часов с последующей стабилизацией процесса [8].

Наиболее частыми вариантами прогрессирования являлись увеличение объема внутричерепных гематом, расширение зон контузии с формированием новых геморрагических очагов, нарастание отека мозга с усугублением дислокации срединных структур и компрессии базальных цистерн. В ряде исследований продемонстрировано, что у небольшой части пациентов с исходно нормальной КТ-картиной или минимальными изменениями при первичном сканировании в течение первых суток развивались клинически значимые внутричерепные повреждения. Однако в представленном исследовании GOLIAT патологические находки на КТ не продемонстрировали статистически значимого вклада в предсказание острых осложнений в течение 48 часов (LRT  $p = 0,10$ ). Из 67 пациентов (12,8% от общей выборки) с патологическими изменениями на КТ ни в одном случае эти находки не привели к изменению клинической тактики: все пациенты были либо выписаны домой, либо госпитализированы по причинам, не связанным с черепно-мозговой травмой. Среди 458 пациентов (87,2%) с нормальной КТ осложнения в первые 48 часов развились у 127 человек (27,7%), что подчеркивает важность клиничко-лабораторных предикторов, таких как биомаркер S100B, возраст, антикоагулянтная терапия и физиологические пара-

метры, независимо от результатов нейровизуализации [9].

Временная динамика прогрессирования внутричерепных изменений показала наибольшую активность в первые 12-24 часа после травмы [10]. Исследования с многократными контрольными сканированиями продемонстрировали, что около 70-80% всех случаев радиологического ухудшения выявляются при КТ-исследовании, выполненном в интервале от 6 до 24 часов после травмы [11]. Контрольная томография, проведенная через 48 часов, обнаруживала дополнительные изменения у 10-20% пациентов, преимущественно в виде замедленного формирования отсроченных гематом или прогрессирования отека мозга [5].

Клиническая значимость выявляемых при динамической КТ изменений оценивалась по частоте модификации лечебной тактики. Метаанализ крупных исследований показал, что радиологическое прогрессирование приводило к изменению терапевтического подхода у 10-25% пациентов с повторной КТ [12]. Наиболее часто это выражалось в принятии решения о необходимости экстренного нейрохирургического вмешательства у пациентов, исходно ведущих консервативно, либо в интенсификации медикаментозной терапии внутричерепной гипертензии. В 3-8% случаев прогрессирование изменений обнаруживалось у пациентов без соответствующего клинического ухудшения, что позволяло осуществить раннюю коррекцию лечения до развития критической декомпенсации.

Систематический обзор и метаанализ Reljic и соавторов, объединивший результаты множественных исследований повторной КТ после черепно-мозговой травмы, продемонстрировал, что контрольное КТ-исследование приводит к изменению тактики ведения у 11,4% пациентов в проспективных исследованиях [13]. Важно отметить, что эффективность повторной визуализации существенно варьировала в зависимости от тяжести травмы: у пациентов с легкой ЧМТ частота модификации терапевтического подхода составляла лишь 2,3%, тогда как при среднетяжелой и тяжелой травме этот показатель значительно возрастал. Результаты метаанализа подтвердили необходимость дифференцированного подхода к протоколам динамического КТ-

мониторинга с учетом исходной тяжести повреждения и наличия факторов риска прогрессирования.

Идентификация факторов риска радиологического прогрессирования стала важным направлением исследований, направленных на оптимизацию протоколов динамического КТ-мониторинга. Наиболее значимыми предикторами неблагоприятной динамики оказались исходная тяжесть травмы по шкале комы Глазго менее 9 баллов, наличие субдуральной гематомы при первичной КТ, множественные контузионные очаги, наличие субарахноидального кровоизлияния, признаки масс-эффекта и дислокации срединных структур более 5 мм, возраст пациента старше 65 лет, прием антикоагулянтов или антиагрегантов в анамнезе, коагулопатия при лабораторном обследовании [14].

Особое внимание в литературе уделялось группе пациентов, принимающих антитромботическую терапию. В этой когорте частота прогрессирования внутричерепных изменений достигала 40-60%, что существенно превышало общепопуляционные показатели. При этом временной интервал, в течение которого сохранялся высокий риск радиологического ухудшения, был более продолжительным, нередко превышая 48 часов после травмы. Данные наблюдения послужили основанием для рекомендаций о необходимости более длительного КТ-мониторинга у пациентов с нарушениями системы гемостаза [15].

Отдельного рассмотрения требовала категория пациентов с легкой черепно-мозговой травмой и нормальным неврологическим статусом. Систематический обзор Stippler M. et al. (2012), включивший 1630 пациентов с осложненной легкой ЧМТ (ШКГ 13-15 баллов с патологическими находками на первичной КТ), продемонстрировал, что рутинное выполнение контрольной КТ выявляло прогрессирование внутричерепных кровоизлияний в 19,9% случаев, однако не предсказывало необходимость в нейрохирургическом вмешательстве ( $p = 0,10$ ). При этом КТ-исследования, выполненные по клиническим показаниям при ухудшении неврологического статуса, достоверно коррелировали с потребностью в хирургическом лечении ( $p = 0,00046$ ) и изменяли тактику ведения в пять раз чаще, чем рутинные контрольные ис-

следования. В целом, нейрохирургическое вмешательство потребовалось лишь 2,4% пациентов. Это поставило под вопрос целесообразность универсального подхода к динамическому КТ-мониторингу в данной группе и стимулировало разработку стратифицированных протоколов на основе индивидуальной оценки риска [16].

Сравнительный анализ различных протоколов повторной нейровизуализации продемонстрировал преимущества селективного подхода, основанного на клинических критериях и факторах риска, перед рутинной стратегией универсального контрольного сканирования. Использование систем стратификации риска позволяло сократить количество необоснованных КТ-исследований на 30-40% без увеличения частоты пропущенных клинически значимых изменений. При этом у пациентов высокого риска сохранялась необходимость в обязательном контрольном исследовании независимо от стабильности неврологического статуса [17].

Важным аспектом оказалась оценка взаимосвязи между динамикой КТ-картины и клиническими проявлениями. Несмотря на то, что в большинстве случаев радиологическое прогрессирование сопровождалось ухудшением неврологического статуса, в 15-30% наблюдений значимые изменения на контрольных томограммах обнаруживались при стабильном или даже улучшающемся клиническом состоянии пациента [18]. Это подчеркивало ограниченность исключительно клинического мониторинга и важность визуализационного контроля у пациентов групп риска даже при отсутствии явного неврологического ухудшения.

Прогностическая значимость динамической КТ в отношении исходов черепно-мозговой травмы исследовалась в многочисленных работах. Прогрессирование внутриче-

репных изменений при повторных исследованиях ассоциировалось с существенным увеличением летальности и неблагоприятных функциональных исходов. У пациентов с радиологическим ухудшением госпитальная летальность была в 2-4 раза выше по сравнению со стабильной КТ-картиной, а частота тяжелой инвалидизации увеличивалась на 30-50%. При этом своевременное выявление прогрессирования и коррекция терапии демонстрировали потенциал улучшения исходов в сравнении со случаями поздней диагностики осложнений [19, 20].

**Заключение.** Динамическая компьютерная томография является важнейшим инструментом мониторинга пациентов с черепно-мозговой травмой, позволяющим своевременно выявлять прогрессирование внутричерепных изменений и корректировать лечебную тактику. Наибольшая активность патологических процессов наблюдается в первые сутки после травмы, что обосновывает необходимость раннего контрольного исследования у пациентов групп риска. Современная стратегия предполагает отказ от рутинного универсального подхода в пользу селективной повторной нейровизуализации, основанной на индивидуальной стратификации риска с учетом тяжести травмы, характера первичных повреждений, наличия коагулопатии и других предикторов осложнений. Такой дифференцированный подход позволяет существенно сократить количество необоснованных исследований при сохранении высокой эффективности выявления клинически значимых изменений, требующих модификации терапии. Своевременное обнаружение радиологического прогрессирования, включая случаи без явного клинического ухудшения, способствует улучшению исходов за счет ранней интенсификации лечения и предотвращения критической декомпенсации состояния пациента.

#### Библиографический список

1. Ребко А.А. Легкая черепно-мозговая травма: современный взгляд на проблему // Проблемы здоровья и экологии. – 2020. – № 2 (64). – С. 21-27.
2. Юршев Ю.А., Ткачук В.А., Карагяур М.Н. Существующие и перспективные подходы к терапии последствий черепно-мозговых травм // Байкальский медицинский журнал. – 2025. – Т. 4, № 3. – С. 63-73. – DOI: 10.57256/2949-0715-2025-4-3-63-73.
3. Lövblad K.-O., Wanke I., Botta D., Kurz F.T., Wiest R., Rüfenacht D., Remonda L. Brain Health in Neuroradiology // Clinical and Translational Neuroscience. – 2025. – Vol. 9, № 1. – P. 1. – DOI: 10.3390/ctn9010001.

4. Лихтерман Л.Б., Кравчук А.Д., Охлопков В.А. Травматические повреждения головного мозга: классификация, клиника, нейровизуализация // Клинический разбор в общей медицине. – 2023. – Т. 4, № 10. – С. 34-50. – DOI: 10.47407/kr2023.4.10.00340.
5. Fadzil F., Mei A.K.C., Mohd Khairy A., Kumar R., Mohd Azli A.N. Value of Repeat CT Brain in Mild Traumatic Brain Injury Patients with High Risk of Intracerebral Hemorrhage Progression // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 21. – P. 14311. – DOI: 10.3390/ijerph192114311.
6. Taddei G., Pietrantonio A., Petrella G., Piragine G., Bertini R., Aloisi M., Sampirisi L., Ciarlo S., Mastino L., Toccaceli G., Pompucci A. Timing Is Everything: A Systematic Review of Optimal Repeat Computed Tomography Protocols in Traumatic Brain Injury // Journal of Neurotrauma. – 2025. – DOI: 10.1177/08977151251401545.
7. Oertel M., Kelly D.F., McArthur D. et al. Progressive hemorrhage after head trauma: predictors and consequences of the evolving injury // Journal of Neurosurgery. – 2002. – Vol. 96, № 1. – P. 109-116.
8. Alahmadi H., Vachhrajani S., Cusimano M. D. The natural history of brain contusion: an analysis of radiological and clinical progression // Journal of Neurosurgery. – 2010. – Vol. 112, № 5. – P. 1139-1145.
9. Yuguero O., López-Vena I., Martínez-Alonso M., Vena A., Bernal M., Purroy F. Development and internal validation of the goliat score to predict 48-hour complications after minor/moderate traumatic brain injury in the emergency department: a single-center cohort study // BMC Emergency Medicine. – 2025. – Vol. 26, № 1. – P. 33. – DOI: 10.1186/s12873-025-01457-9.
10. Adams H., Donnelly J., Czosnyka M., Koliass A., Helmy A., Menon D., Smielewski P., Hutchinson P. Temporal profile of intracranial pressure and cerebrovascular reactivity in severe traumatic brain injury and association with fatal outcome: An observational study // PLOS Medicine. – 2017. – Vol. 14. – P. e1002353. – DOI: 10.1371/journal.pmed.1002353.
11. Moskopp M.L., Moskopp D., Sannwald L.W. Impact of early follow-up CT in the conservative management of traumatic brain injury on surgical decision making: A retrospective, single-center analysis with special respect to coagulopathy // European Journal of Trauma and Emergency Surgery. – 2024. – Vol. 50. – P. 3015-3026. – DOI: 10.1007/s00068-024-02449-3.
12. Maas A.I.R. et al. Traumatic brain injury: progress and challenges in prevention, clinical care, and research // The Lancet Neurology. – 2022. – Vol. 21, № 11. – P. 1004-1060.
13. Reljic T., Mahony H., Djulbegovic B. et al. Value of repeat head computed tomography after traumatic brain injury: systematic review and meta-analysis // Journal of Neurotrauma. – 2014. – Vol. 31, № 1. – P. 78-98.
14. Jirlow U., Hossain I., Korhonen O., Depreitere B., Rostami E. Cerebral contusions – Pathomechanism, predictive factors for progression and historical and current management // Brain Spine. – 2024. – Vol. 4. – P. 103329. – DOI: 10.1016/j.bas.2024.103329.
15. Menditto V.G., Rossetti G., Sampaolesi M., Buzzo M., Pomponio G. Traumatic Brain Injury in Patients under Anticoagulant Therapy: Review of Management in Emergency Department // Journal of Clinical Medicine. – 2024. – Vol. 13, № 13. – P. 3669. – DOI: 10.3390/jcm13133669.
16. Stippler M., Smith C., McLean A.R., Carlson A., Morley S., Murray-Krezan C., Kraynik J., Kennedy G. Utility of routine follow-up head CT scanning after mild traumatic brain injury: a systematic review of the literature // Emergency Medicine Journal. – 2012. – Vol. 29, № 7. – P. 528-532. – DOI: 10.1136/emmermed-2011-200162.
17. Davies R., Scrimshire A., Sweetman L., Anderton M., Holt E. A Decision Tool for Whole-body CT in Major Trauma that Safely Reduces Unnecessary Scanning and Associated Radiation Risks: An Initial Exploratory Analysis // Injury. – 2015. – Vol. 47. – DOI: 10.1016/j.injury.2015.08.036.
18. Mesfin F. B., Gupta N., Hays Shapshak A. et al. Diffuse Axonal Injury // StatPearls [Internet]. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448102/>.

19. Maas A.I.R., Menon D.K. InTBIR Participants and Investigators. Traumatic brain injury: progress and challenges in prevention, clinical care, and research // *Lancet Neurology*. – 2022. – Vol. 21, № 11. – P. 1004-1060. – DOI: 10.1016/S1474-4422(22)00309-X.
20. Marincowitz C., Lecky F., Townend W., Borakati A., Fabbri A., Sheldon T. The Risk of Deterioration in GCS13-15 Patients with Traumatic Brain Injury Identified by Computed Tomography Imaging: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Journal of Neurotrauma*. – 2017. – Vol. 35. – P. 703-718. – DOI: 10.1089/neu.2017.5259.

### **DYNAMIC CT IN TBI: THE IMPORTANCE OF REPEAT EXAMINATIONS IN THE FIRST 24-48 HOURS**

**Sahraoui Mohamed Ilyes**, *Resident Doctor*  
**Majri Safouane**, *Resident Doctor*  
**I.M. Sechenov First Moscow State Medical University**  
**(Russia, Moscow)**

**Abstract.** *Traumatic brain injury remains the leading cause of mortality and disability in the population, with mortality in severe cases reaching 60-70%. Computed tomography is the gold standard for neuroimaging in TBI; however, morphological changes are dynamic and can progress in the first hours and days after injury. This review analyzes the role of dynamic computed tomography in the management of patients with traumatic brain injury in the first 24-48 hours post-traumatic. A systematic review of the literature revealed a radiological deterioration rate of 15% to 40% with repeat CT examinations, with the rate reaching 35-50% in patients with severe TBI. The main risk factors for intracranial change progression include coagulopathy, anticoagulant therapy, the presence of intracranial hematomas on initial CT scan, advanced age, and the severity of the primary injury as assessed by the Glasgow Coma Scale. Change progression was associated with the need for surgical intervention in 10-25% of cases and a 2-4-fold increase in mortality. A selective approach to repeat neuroimaging based on risk stratification allows for a 30-40% reduction in unnecessary examinations without compromising patient safety. Timely detection of intracranial injury progression using dynamic CT scans enables the adjustment of treatment strategies and improved clinical outcomes in patients with traumatic brain injury.*

**Keywords:** *traumatic brain injury; dynamic computed tomography; repeat neuroimaging; intracranial change progression; early posttraumatic period; risk stratification; clinical outcomes.*