

## РОЛЬ МРТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОСТКОНТРАСТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ FLAIR В ДИАГНОСТИКЕ ТРАВМАТИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ МОЗГОВЫХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ТРАВМАХ У ПАЦИЕНТОВ С СОТРЯСЕНИЕМ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Медведева Н.А.<sup>1</sup>, Серова Н.С.<sup>2</sup>

1 - ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы ДЗМ», г. Москва, Россия.

2 - ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет).

г. Москва, Россия.

**Ц**ель. Определить возможности импульсной последовательности FLAIR в диагностике контрастного усиления мозговых оболочек у потерпевших лиц с легкой степенью черепно-мозговой травмы.

**Материалы и методы.** В исследование были включены медицинские данные 29 потерпевших, проходивших процедуру судебно-медицинской экспертизы по поводу черепно-мозговой травмы в государственном бюджетном учреждении здравоохранения города Москвы «Бюро судебно-медицинской экспертизы ДЗМ». Всем пациентам была проведена магнитно-резонансная томография с контрастным усилением, выполненная в T1-взвешенных изображениях в трех плоскостях с добавлением импульсной последовательности FLAIR в аксиальной плоскости.

**Результаты.** Из 29 (n=29; 100%) человек, проходивших МРТ в течение 48 часов от момента получения травмы, патологическое усиление мозговых оболочек на постконтрастных изображениях FLAIR было обнаружено в 13 (n=13; 44,8%) случаях. В 9 (n=9; 31%) случаях патологическое накопление оболочками было выявлено исключительно в импульсной последовательности FLAIR, тогда как на постконтрастных T1-ВИ оболочки оставались интактными. Таким образом, МРТ с применением импульсной последовательности FLAIR в выявлении травматического усиления мозговых оболочек у потерпевших живых лиц с легкой формой ЧМТ составила: чувствительность (Se) – 44%; специфичность (Sp) – 92%.

**Обсуждение.** Диагноз сотрясение головного мозга представляет большую сложность в процессе проведения судебно-медицинской экспертизы, так как не существует инструментальных методов подтверждения. Клиническая картина часто носит субъективный характер, что так же не подлежит достоверной оценке. Результаты нашей работы демонстрируют возможность обнаружения визуализационного признака в виде травматического усиления мозговых оболочек, применяя последовательность FLAIR после введения контраста.

**Заключение.** Включение постконтрастной импульсной последовательности FLAIR при проведении МРТ может являться ценным в обнаружении визуализационных признаков легкой степени ЧМТ, и тем самым существенно влиять на определение тяжести вреда здоровью при проведении судебно-медицинской экспертизы.

Ключевые слова: постконтрастный FLAIR, сотрясение головного мозга, черепно-мозговая травма, судебно-медицинская экспертиза живых лиц.

Контактный автор: Медведева Н.А., e-mail: radiologmed@mail.ru.

Для цитирования: Медведева Н.А., Серова Н.С. Роль МРТ с применением постконтрастной импульсной последовательности FLAIR в диагностике травматического повреждения мозговых оболочек при черепно-мозговых травмах у пациентов с сотрясением головного мозга. REJR 2023; 13(3):30-38. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-3-30-38.

Статья получена: 10.07.23

Статья принята: 11.09.23

THE ROLE OF MRI USING THE FLAIR POST-CONTRAST PULSE SEQUENCE IN THE DIAGNOSIS OF TRAUMATIC DAMAGE TO THE MENINGES WITHIN TRAUMATIC BRAIN INJURIES IN PATIENTS WITH CONCUSSION

Medvedeva N.A.<sup>1</sup>, Serova N.S.<sup>2</sup>

1 - Bureau of Forensic Medicine of the Department of Health of the City of Moscow.

2 - Sechenov University. Moscow, Russia.

**Purpose.** To determine the capabilities of the FLAIR pulse sequence in the diagnosis of contrast enhancement of the meninges in victims with mild traumatic brain injury.

**Materials and methods.** The study included medical data of 29 victims who underwent a forensic medical examination for traumatic brain injury at the state budgetary healthcare institution of the city of Moscow "Bureau of Forensic Medical Examination of the Moscow City Health Department." All patients underwent contrast-enhanced magnetic resonance imaging performed in T1-weighted images in three planes with the addition of a FLAIR pulse sequence in the axial plane.

**Results.** Of 29 (n=29; 100%) individuals undergoing MRI within 48 hours of injury, abnormal meningeal enhancement on post-contrast FLAIR images was detected in 13 (n=13; 44.8%) cases. In 9 cases (n=9; 31%), pathological accumulation of membranes was detected exclusively in the FLAIR pulse sequence, while on post-contrast T1 the membranes remained intact. Thus, MRI using the FLAIR pulse sequence in detecting traumatic enhancement of the meninges in living victims with a mild form of TBI was: sensitivity (Se) – 44%; specificity (Sp) – 92%.

**Discussion.** The diagnosis of concussion is very difficult in the process of conducting a forensic medical examination, since there are no instrumental methods of confirmation. The clinical picture is often subjective, which also cannot be reliably assessed. The results of our work demonstrate the possibility of detecting the imaging sign of traumatic enhancement of the meninges using the FLAIR sequence after contrast administration.

**Conclusion.** The inclusion of a post-contrast FLAIR pulse sequence during MRI can be valuable in detecting imaging signs of mild TBI, and thereby significantly influence the determination of the severity of injury during a forensic examination.

Keywords: FLAIR-post MRI, concussion of the brain, traumatic brain injury, forensic medical examination of living persons.

Corresponding author: Medvedeva N.A., e-mail: radiologmed@mail.ru

*For citation: Medvedeva N.A., Serova N.S. The role of MRI using the flair post-contrast pulse sequence in the diagnosis of traumatic damage to the meninges within traumatic brain injuries in patients with concussion. REJR 2023; 13(3):30-38. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-3-30-38.*

Received: 10.07.23

Accepted: 11.09.23

**В** Российской Федерации черепно-мозговая травма (ЧМТ) регистрируется ежегодно у 600 тыс. человек (в т.ч. детей до 30%). Наибольшая частота встречаемости приходится на легкую ЧМТ (сотрясение и ушиб мозга легкой степени) – 81-90%. Частота задокументированного сотрясения головного мозга от 200 случаев на 100.000 населения [1 – 4]. Сотрясение головного мозга на основании приказа Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 24 апреля 2008 г. №194н «Об утверждении медицинских критериев определения степени тяжести вреда, причинённого здоровью че

медицинская экспертиза живых лиц, с целью определения степени тяжести вреда здоровью, проводится по представленной медицинской документации, и в том числе подлежат оценке данные лучевых методов диагностики. Сотрясение головного мозга не имеет объективных визуализационных критериев по данным методов лучевой диагностики при магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ), и, к сожалению, диагноз может быть упущен, что чревато не только последствиями для здоровья подэкспертного, но и ошибочно принятым суждением о тяжести вреда здоровью [6, 7].

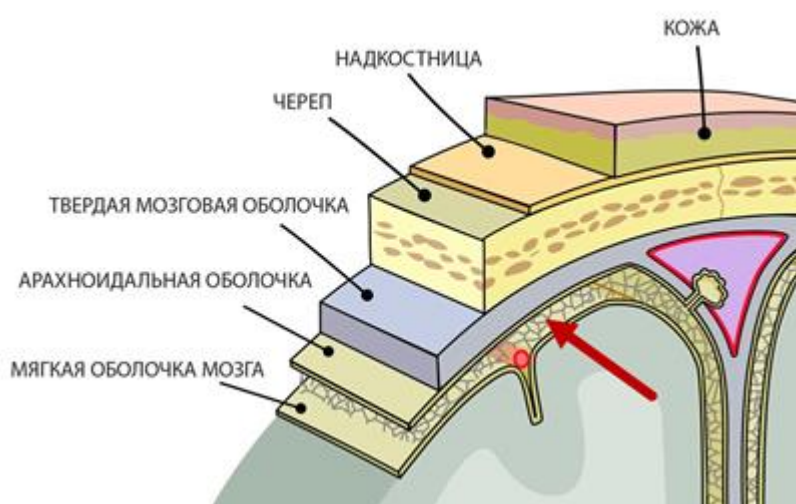


Рис. 1 (Fig. 1)

**Рис. 1.** Схема анатомического расположения оболочек (<https://stylishbag.ru/22-foto/obolochki-golovnogo-mozga-risunok.html>).

Детализация факта экстравазации контрастного средства происходит на уровне субдурального пространства между твердой мозговой и паутинной оболочками в результате травмы (красная стрелка).

**Fig. 1.** Diagram, anatomical location of the membranes (<https://stylishbag.ru/22-foto/obolochki-golovnogo-mozga-risunok.html>).

Detailing the fact of extravasation of the contrast agent occurs at the level of the subdural space between the dura and arachnoid membranes as a result of trauma (red arrow).

ловека» квалифицируется как легкий вред здоровью человека, при условиях, не повлекших за собой нарушений со стороны центральной нервной системы, подтвержденных объективной неврологической симптоматикой, установленной в медицинском учреждении. Однако даже легкая ЧМТ может проявляться у пациентов функциональными неврологическими нарушениями более чем в 30% случаев на протяжении 3 месяцев и более от момента травмы [5]. Известно, что в большинстве случаев судебно-

В большинстве случаев при ЧМТ в медицинских учреждениях продолжают применять нативную КТ, несмотря на доказанную низкую чувствительность в обнаружении легкой травмы головного мозга и диффузного аксонального повреждения [7 – 9]. При проведении сравнительных исследований в обнаружении острых появлений легкой ЧМТ ряд изменений был выявлен только на МРТ, при этом КТ демонстрировала нормальную лучевую картину головного мозга. При применении импульсной последователь-

ности FLAIR после введения контрастного препарата, патологическое накопление мозговыми оболочками было отмечено у 1 из 2 пациентов, проходивших обследование по поводу ЧМТ в течение 48 часов от момента травматического происшествия [10 – 12]. Этот новый диагностический критерий является травматическим усилением мозговых оболочек и отражает следствие экстравазации контрастного средства в субдуральное пространство между твердой мозговой и паутинной оболочками в результате воздействия травматического фактора (рис. 1) [12]. Важно отметить, что результаты обнаружения данного признака существенно превалируют именно при использовании последовательности FLAIR, чем T1 после введения контрастного препарата.

**Цель исследования.**

Оценить возможности диагностики травматического усиления оболочек головного мозга при проведении МРТ с постконтрастной импульсной последовательностью FLAIR у пострадавших живых лиц, проходивших освидетельствование для определения степени тяжести вреда здоровью по причине ЧМТ легкой степени.

**Материалы и методы.**

В исследование были включены медицинские данные 29 потерпевших, проходивших процедуру судебно-медицинской экспертизы по поводу ЧМТ в ГБУЗ г. Москвы «Бюро судебно-медицинской экспертизы ДЗМ».

Критериями включения являлись:

1. Возраст от 18 лет
2. Отсутствие признаков костно-травматических изменений, ушибов головного мозга, эпидуральной и субдуральной гематом и САК по данным КТ
3. МРТ выполнена в пределах 48 часов от момента получения травмы
4. Использование контрастного препарата на основе гадолиния во время МРТ до и после импульсной последовательности FLAIR
5. Оценка по шкале комы Глазго > 13
6. Длительность потери сознания <10 мин
7. Длительность посттравматической амнезии < 24 часов

Критериями исключения из исследования являлись:

1. Отсутствие данных КТ
2. Проведение только нативной МРТ
3. Обнаружение по данным МРТ и/или КТ явных признаков травматического повреждения церебральной паренхимы и оболочек
4. Оценка по шкале комы Глазго <13

5. Длительность посттравматической амнезии > 24 часов

МРТ выполнялось на томографах 1,5 Т и 3 Т с включением в протокол импульсных последовательностей до введения контраста T1-ВИ, T2-ВИ, FLAIR, DWI, SWI, после введения контраста T1-ВИ и FLAIR. Длительность протокола МРТ не превышала 30 минут. Перед динамическим контрастированием с использованием импульсной последовательности FLAIR вводился контрастный препарат с расчетом 0,1 ммоль/кг на основе гадолиния. Для достоверной визуализации травматического усиления мозговых оболочек на FLAIR применялось вычитание нативного изображения из постконтрастного методом субтракции. Также в исследование была включена контрольная группа из 12 человек, проходивших обследование МРТ по причине, не связанной с ЧМТ.

**Результаты.**

Из 29 потерпевших с клиническим диагнозом «ЧМТ и сотрясение головного мозга» всем была выполнена КТ, по итогу которой лучевая картина соответствовала норме. Далее в течение 48 часов от момента травматического происшествия была выполнена МРТ с контрастным препаратом. Изображения после введения контрастного препарата были получены в импульсных последовательностях T1-ВИ и FLAIR. Из 29 (n=29; 100%) случаев травматическое усиление мозговых оболочек на FLAIR было обнаружено у 13 (n=13; 44,8%) человек. Во всех 13 случаях интенсивность сигнала на постконтрастных изображениях преобладала на FLAIR, тем самым существенно повышая вероятность обнаружения травматического накопления в оболочках. В 9 (n=9; 31%) накопление оболочками было выявлено исключительно в импульсной последовательности FLAIR, тогда как на T1-ВИ не было достоверно зафиксировано патологических изменений (рис. 2).

В 16 (n=16; 55%) случаях были выявлены травматические изменения мягких тканей головы в виде субгалеальной гематомы, что отражало точку приложения силы, но при этом травматического накопления оболочек головного мозга не было зафиксировано на T1-ВИ и на FLAIR (рис. 3).

Таким образом диагностическая эффективность МРТ с применением импульсной последовательности FLAIR в выявлении травматического усиления мозговых оболочек у потерпевших живых лиц с легкой формой ЧМТ составила: чувствительность (Se) – 44%; специфичность (Sp) – 92%.

По результатам нашего исследования



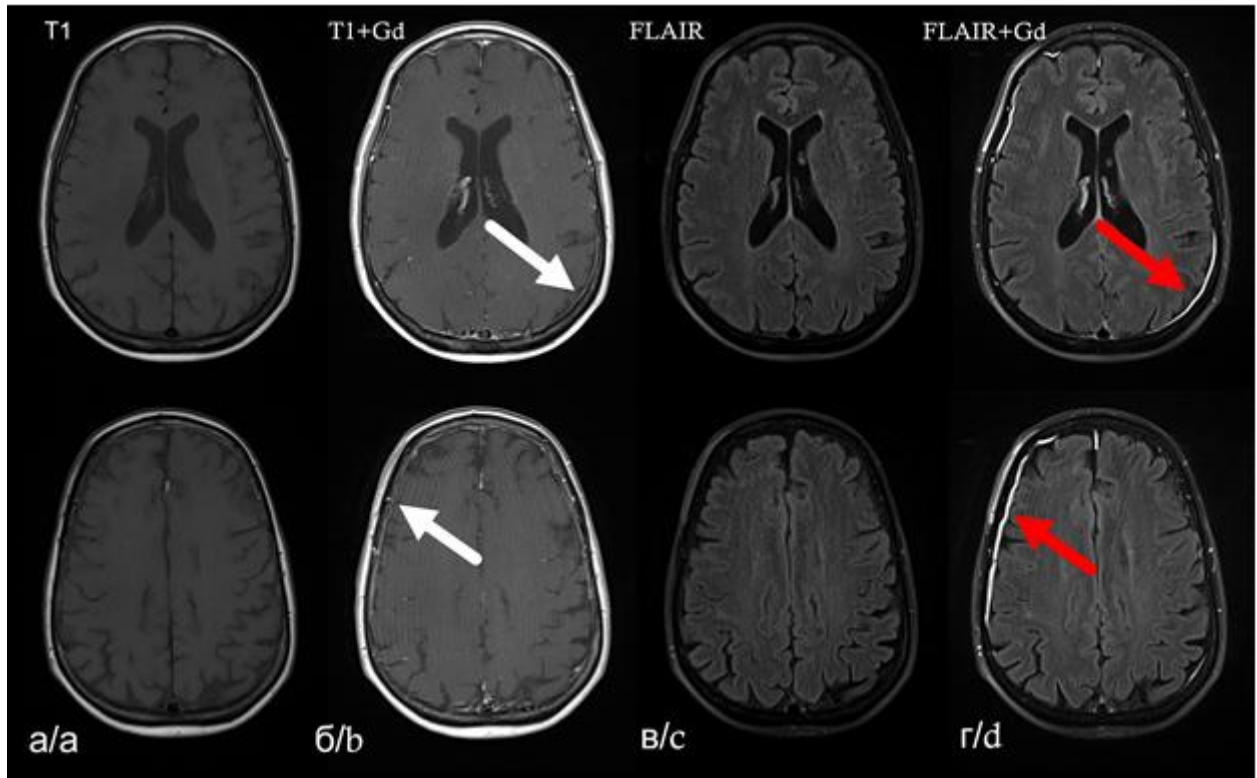


Рис. 2 (Fig. 2)

**Рис. 2. Пациент Л., 42 года. МРТ выполнена через 32 часа от момента травмы. Верхний ряд.**

а, в – Нативные изображения, а – T1-ВИ, в – FLAIR. Изменений мозговых оболочек не выявлено.

б – T1-ВИ после контрастирования. Изменений мозговых оболочек не выявлено (белая стрелка).

г – FLAIR изображения после контрастирования. Достоверно определяется частичное накопление контрастного препарата оболочками головного мозга (красная стрелка).

**Пациент С., 36 лет. МРТ выполнена через 27 часов от момента травмы. Нижний ряд.**

а, в – Нативные изображения, а – T1-ВИ, в – FLAIR. Изменений мозговых оболочек не выявлено.

б – T1-ВИ после контрастирования. Минимально выраженное, неравномерное накопление мозговыми оболочками (белая стрелка).

г – FLAIR изображения после контрастирования. Достоверно определяется частичное накопление контрастного препарата оболочками головного мозга (красная стрелка)..

**Fig. 2. Patient L., 42 years old. MRI was performed 32 hours after the injury. Top row.**

a, c – Native T1-weighted images (a) and FLAIR (c). No changes in the meninges were detected.

b – T1-weighted images after contrast enhancement. No changes in the meninges were detected. (white arrow).

d – FLAIR images after contrast enhancement. The partial accumulation of the contrast agent by the meninges is reliably determined (red arrow).

**Patient C, 36 years old. MRI was performed 27 hours after the injury. Bottom row.**

a, c – Native T1-weighted images (a) and FLAIR (c). No changes in the meninges were detected.

b – T1-weighted images after contrast enhancement. Minimal, uneven accumulation in the meninges. (white arrow).

d – FLAIR images after contrast enhancement. The partial accumulation of the contrast agent by the meninges is reliably determined (red arrow).

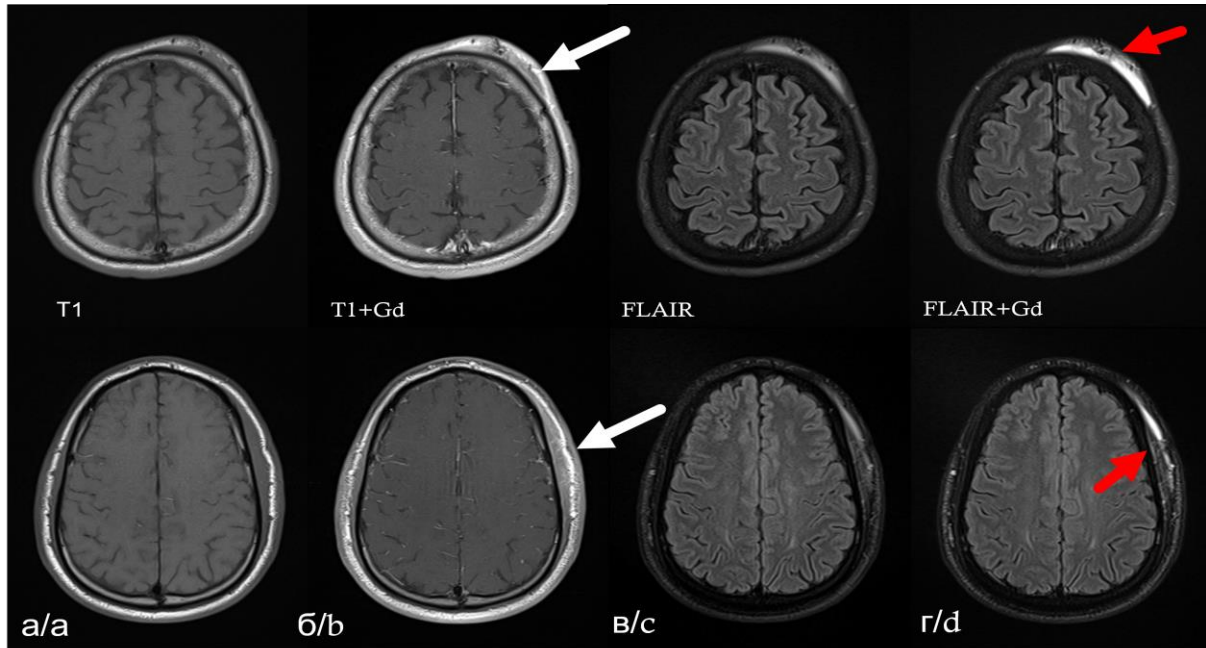


Рис. 3 (Fig. 3)

**Рис. 3. Пациент К., 28 лет. МРТ выполнена через 13 часов от момента травмы. Верхний ряд.**

а, в – Нативные изображения, а – T1-ВИ, в – FLAIR. Изменений мозговых оболочек не выявлено. Определяется субгалеальная гематома правой лобной области, что отражает точку приложения силы при ЧМТ (белая стрелка).

б – T1-ВИ после контрастирования. Изменений мозговых оболочек не выявлено (белая стрелка).

г – FLAIR изображения после контрастирования. Патологического накопления оболочками так же не выявлено, однако детализация субгалеальной гематомы превосходит постконтрастные T1-ВИ (красная стрелка).

**Пациент Ш., 35 лет. МРТ выполнена через 23 часа от момента травмы. Нижний ряд.**

а а, в – Нативные изображения, а – T1-ВИ, в – FLAIR. Изменений мозговых оболочек не выявлено. Определяется субгалеальная гематома правой лобной области, что отражает точку приложения силы при ЧМТ (белая стрелка).

б – T1-ВИ после контрастирования. Изменений мозговых оболочек не выявлено (белая стрелка).

г – FLAIR изображения после контрастирования. Патологического накопления оболочками так же не выявлено, однако детализация субгалеальной гематомы превосходит постконтрастные T1-ВИ (красная стрелка).

**Fig. 3. Patient K., 28 years old. MRI was performed 13 hours after the injury. Top row.**

а, с – Native images, а – T1-WI, с – FLAIR. No changes in the meninges were detected. A subgalea hematoma of the right frontal region is determined, which reflects the point of application of force during TBI (white arrow)

б – T1-weighted images after contrast enhancement. No changes in the meninges were detected. (white arrow).

д – FLAIR images after contrast enhancement. No pathological accumulation of membranes was also detected, however, the detail of the subgalea hematoma is superior to post-contrast T1-WI images (red arrow).

**Patient Sh., 35 years old. MRI was performed 23 hours after the injury. Bottom row.**

а, с – Native images, а – T1-WI, с – FLAIR. No changes in the meninges were detected. A subgalea hematoma of the right frontal region is determined, which reflects the point of application of force during TBI (white arrow).

б – T1-weighted images after contrast enhancement. No changes in the meninges were detected. (white arrow).

д – FLAIR images after contrast enhancement. No pathological accumulation of membranes was also detected, however, the detail of the subgalea hematoma is superior to post-contrast T1-WI images (red arrow).

травматическое усиление мозговых оболочек наиболее достоверно диагностируется именно в импульсной последовательности FLAIR, в то время как другие стандартные режимы, в том числе постконтрастный T1-ВИ, не фиксировали никаких патологических изменений.

#### **Обсуждение.**

Сотрясение головного мозга относят к легким формам черепно-мозговой травмы и одним из самых распространённых диагнозов в практике судебно-медицинского эксперта. При определении тяжести вреда здоровью у пациентов с легкой формой ЧМТ часто возникают сложности, обусловленные широким спектром субъективизма как потерпевшего, так и клиницистов. Учитывая, что сотрясение головного мозга наиболее лёгкая клиническая форма диффузного транзиторного повреждения мозга, в основе которого лежат метаболические, ионные, нейротрансмиттерные нарушения и нейровоспаление, характеризующаяся отсутствием видимых изменений на компьютерной томографии (КТ), в определенных случаях становится невозможным подтвердить диагноз ввиду отсутствия морфологических критериев диагностики. По мнению некоторых авторов, сотрясение головного мозга, не повлекшее за собой нарушений со стороны центральной нервной системы мозга, не может быть подвергнуто оценке тяжести вреда здоровью [13].

Назначение повторных экспертиз является известной проблемой в судебно-медицинской практике (и часто причина – именно легкая форма черепно-мозговой травмы), при которых расхождение в определении степени вреда здоровью варьирует до 50% между первичной и повторной экспертизами [14]. Обоснование диагноза черепно-мозговой травмы в судебно-медицинской экспертизе, базированное на субъективных анамнестических данных потерпевшего или на основании представленной медицинской документации, не может являться достоверным. К сожалению, данный факт встречается достаточно часто [15].

Всем потерпевшим при ЧМТ проводят КТ, которая обладает высокой чувствительностью в определении переломов свода и основания черепа и внутримозговых гематом, однако при сотрясении головного мозга не существует специфических визуализационных маркеров по данным лучевых методов диагностики КТ и МРТ. По данным Воскресенской О.Н., стандартный протокол МРТ не способен выявить достоверных визуализационных критериев на макроуровне при сотря-

сении головного мозга, однако не проводился анализ изображений с применением контрастного препарата [16].

В клинической практике импульсная последовательность T1-ВИ после контраста используется для детализации различных гиперваскулярных патологий и является отражением повреждения гематоэнцефалического барьера [17, 18]. За счет того, что последовательность FLAIR имеет более длительное время повтора (TR или repetition time) и время эхо (TE или time echo) в сравнении с T1-ВИ, FLAIR обладает уникальными свойствами на постконтрастных изображениях [19]. Многие авторы неоднократно сообщали о преимуществах более высокой чувствительности постконтрастного FLAIR в сравнении с T1-ВИ в диагностике нарушения гематоэнцефалического барьера, а также в констатации лептоменингеального поражения [20, 21]. В 2020 году Тара Девис с соавторами провели исследование, в котором использовали постконтрастный FLAIR для выявления визуализационной основы повреждения гематоэнцефалического барьера, авторы пришли к выводу, что импульсная последовательность FLAIR является более чувствительной в обнаружении травматического усиления мозговых оболочек у лиц с легкой формой ЧМТ [22, 23].

Феномен травматического контрастирования мозговых оболочек, предположительно, отражает на макроуровне наиболее легкий вариант ЧМТ, при которой не отмечается повреждения мозговой ткани, эпидуральных и субдуральных гематом [22]. Данные, полученные нами, соответствуют результатам проведённых работ других авторов, где продемонстрирована большая достоверность постконтрастного FLAIR в сравнении с T1-ВИ при визуализации как травматических изменений, так и других патологических состояний, сопровождающихся нарушением гематоэнцефалического барьера [22 – 25]. Результаты нашей работы демонстрируют возможность обнаружения визуализационного признака в виде травматического усиления мозговых оболочек, применяя последовательность FLAIR после введения контраста, а также преимущество диагностической эффективности постконтрастного FLAIR над T1-ВИ в обнаружении травматического усиления мозговых оболочек у живых лиц с легкой степенью ЧМТ. На настоящий момент вопрос о влиянии на клинический исход ЧМТ травматического усиления мозговых оболочек остается открытым и требует дальнейшего изучения.

#### **Заключение.**

При использовании импульсной последовательности FLAIR после введения контрастного препарата у потерпевших лиц с легкой формой ЧМТ и отсутствием признаков травматических изменений по данным КТ, могут быть обнаружены признаки травматического усиления мозговых оболочек и являться следствием факта сотрясения головного мозга, если исследование МРТ проведено в пределах 48 часов от момента травматического воздействия.

**Список литературы:**

1. Орехова Г.Г., Бабенко А.И. Эпидемиология черепно-мозгового травматизма. Медицина в Кузбассе. 2008; 2: 10-13.
2. Гришина А.П. Основные тенденции первичной инвалидности взрослого населения и ее гендерные особенности в Российской Федерации в 2003–2006 гг. Медико-социальная экспертиза и реабилитация. 2008; 1: 4-6.
3. Абдулкадыров К.М., Абрисимов А.В., Алборов А.Х. и др. О состоянии здоровья населения и деятельности учреждений здравоохранения Санкт-Петербурга в 2008 году: матер. Государственного доклада. Под ред. Ю.А. Щербука. СПб., СПб МИАЦ, 2009. 176 с.
4. Ярцев В.В. Основные эпидемиологические показатели острой черепно-мозговой травмы среди городских жителей. Журнал Вopr. нейрохир. им. Н.Н. Бурденко. 1995; 1: 37-40.
5. McMahon P., Hrisik A., Yue J.C., Puccio A.M., Inoue T., Lingsma H.F. et al. Symptoms and functional outcome in mild traumatic brain injury: results of the prospective TRACK-TBI study. J Neurotrauma. 2014;31(1):26-33.
6. Cota MR, Moses AD, Jicaria NR, Bittner KK, Diaz-Arrastia RR, Latour LL. et al. Discrepancy between documented criteria and documented diagnosis of traumatic brain injury in the emergency department. J Neurotrauma. 2019; 36 (8).
7. Храпов Ю.В., Поройский С.В. Роль биомаркеров повреждения вещества головного мозга в диагностике, оценке эффективности лечения и прогнозировании исходов тяжелой черепно-мозговой травмы. Волгоградский научно-медицинский журнал. 2013; 3 (39): 10-20.
8. Лебедев В.В., Крылов В.В., Тиссен Т.Н., Холчевский В.М. Компьютерная томография в неотложной нейрохирургии: М., ОАО «Издательство «Медицина», 2005.
9. Зяблова Е.И., Порханов В.А., Синицын В.Е. Предоперационная лучевая диагностика острых субарахноидальных кровоизлияний вследствие разрыва церебральных аневризм. REJR. 2021; 11 (2): 19-31.
10. Chiara Ricciardi M, Bockers RP, Butman JA, Hammoud DA, Pham DL, Varach S, et al. Trauma-related brain abnormalities in patients with suspected mild traumatic brain injury detected in the first 48 hours after injury: a comparative study of blinded magnetic resonance imaging, including patients with suspected acute minor stroke. J Neurotrauma. 2017; 34 (1): 23-30
11. Yu El, Mukherjee P, Lingsma HF, Yue JK, Ferguson AR, Gordon WA. and others. Magnetic resonance imaging improves the prediction of outcome within 3 months in mild

**Источник финансирования и конфликт интересов.**

Работа представлена в рамках реализации Гранта Президента РФ по поддержке Ведущей научной школы НШ-599.2022.3 «Неинвазивные функциональные технологии лучевой медицины в скрининге, ранней диагностике, мониторинге лечения и контроле реабилитации социально значимых заболеваний (Руководитель Н.С. Серова)».

- traumatic brain injury. Ann Neurol. 2013; 73 (2): 224-35
12. Roth T.L., Nayak D., Atanasievich T., Koretsky A.P., Latour L.L., McGavern D.B. Transcranial amelioration of inflammation and cell death after traumatic brain injury. Nature. 2014; 505 (7482): 223-8.
13. Крупин К.Н., Кислов М.А. Особенности определения тяжести вреда здоровью, причиненного живому человеку с сотрясением головного мозга. Вестник медицинского института РЕАВИЗ. 2017; 3 (27).
14. Новикова Е.Е., Новиков А.Г., Колоколов Г.Р. Проблемы судебно-медицинской экспертной оценки тяжести вреда здоровью в уголовном и гражданском процессе при сотрясении головного мозга.
15. Воскресенская О.Н. Сотрясение головного мозга: клиника, диагностика, лечение. Докт.дисс. Российский государственный медицинский университет. М., 2004.
16. Воскресенская О.Н., Дамулин И. В. Сотрясение головного мозга: клиника, диагностика, лечение. Российский медицинский журнал. 2015; 21 (5): 5.
17. Smirniotopoulos JG, Murphy FM, Rushing EJ, Rees JH, Schroeder JW. Patterns of contrast enhancement in the brain and meninges. Radiographics. 2007; 27 (2): 525-51
18. Lee EK, Lee EJ, Kim S, Lee YS. Importance of Contrast-Enhanced Fluid-Attenuated Inversion Recovery Magnetic Resonance Imaging in Various Intracranial Pathologic Conditions. Korean J Radiol. 2016; 17 (1): 127-41
19. De Coene B, Hajna IJ, Gatehouse P, Longmore D, Whit S, Oatridge A, et al. MR of the brain using fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequences. AJNR Am J Neuroradiol. 1992; 13 (6): 1555-64. pmid:1332459
20. Mathews VP, Caldemeyer KS, Lowe MJ, Greenspan SL, Weber DM, Ulmer JL. Brain: gadolinium-enhanced fast fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging. Radiology. 1999; 211 (1): 257-63.
21. Ahmad A, Azad S, Azad R. Differentiation of Leptomeningeal and Vascular Enhancement on Post-contrast FLAIR MRI Sequence: Role in Early Detection of Infectious Meningitis. J Clin of Diagn Res. 2015; 9 (1): TC08-TC12.
22. Мустафа В., Али С., Элдженди Н. и др. Роль МРТ с контрастным усилением FLAIR в диагностике внутричерепных поражений. Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg. 2021; 57: 108.
23. Tara S. Davis, Jennifer E. Nathan, Ana S. Tinoco Martinez, Jill B. De Vis, L. Christine Turtzo, Lawrence L. Latour et al. Comparison of T1-Post and FLAIR-Post MRI for identification of traumatic meningeal enhancement in traumatic



brain injury patients. 2020.

24. Absinta M, Vuolo L, Rao A, Nair G, Sati P, Cortese IC, et al. Gadolinium-based MRI characterization of leptomeningeal inflammation in multiple sclerosis. *Neurology*. 2015; 85 (1): 18-28

**References:**

1. Orekhova G.G., Babenko A.I. Epidemiology of traumatic brain injury. *Medicine in Kuzbass*. 2008; 2: 10-13 (in Russian).

2. Grishina L.P. Main trends in primary disability of the adult population and its gender characteristics in the Russian Federation in 2003–2006. *Medical and social examination and rehabilitation*. 2008; 1: 4-6 (in Russian).

3. Abdulkadyrov K.M., Abrosimov A.V., Alborov A.Kh. and others. On the state of public health and the activities of health care institutions in St. Petersburg in 2008: material. State report. Ed. Yu.A. Shcherbuka. St. Petersburg, St. Petersburg MIAC, 2009. 176 p. (in Russian).

4. Yartsev V.V. Main epidemiological indicators of acute traumatic brain injury among urban residents. *Journal Issues neurosurgeon them. N.N. Burdenko*. 1995; 1: 37-40. McMahon P., Hrisik A., Yue J.C., Puccio A.M., Inoue T., Lingsma H.F. et al. Symptoms and functional outcome in mild traumatic brain injury: results of the prospective TRACK-TBI study. *J Neurotrauma*. 2014; 31 (1): 26-33 (in Russian).

5. Cota MR, Moses AD, Jicaria NR, Bittner KK, Diaz-Arrastia RR, Latour LL. et al. Discrepancy between documented criteria and documented diagnosis of traumatic brain injury in the emergency department. *J Neurotrauma*. 2019; 36 (8).

6. Khrapov Yu.V., Poroisky S.V. The role of biomarkers of damage to the brain substance in diagnosis, assessment of the effectiveness of treatment and prediction of outcomes of severe traumatic brain injury. *Volgograd scientific and medical journal*. 2013; 3 (39): 10-20 (in Russian).

7. Lebedev V.V., Krylov V.V., Thiessen T.N., Kholchevsky V.M. Computed tomography in emergency neurosurgery: M., OJSC "Publishing House "Medicine", 2005 (in Russian).

8. Zyablova E.I., Porkhanov V.A., Sinitsyn V.E. Preoperative radiodiagnosis of acute subarachnoid hemorrhages due to rupture of cerebral aneurysms. *REJR*. 2021; 11 (2): 19-31 (in Russian).

9. Chiara Ricciardi M, Bockers RP, Butman JA, Hammoud DA, Pham DL, Varach S, et al. Trauma-related brain abnormalities in patients with suspected mild traumatic brain injury detected in the first 48 hours after injury: a comparative study of blinded magnetic resonance imaging, including patients with suspected acute minor stroke. *J Neurotrauma*. 2017; 34 (1): 23-30

10. Yu El, Mukherjee P, Lingsma HF, Yue JK, Ferguson AR, Gordon WA. and others. Magnetic resonance imaging improves the prediction of outcome within 3 months in mild traumatic brain injury. *Ann Neurol*. 2013; 73 (2): 224-35

11. Roth T.L., Nayak D., Atanasievich T., Koretsky A.P., Latour L.L., McGavern D.B. Transcranial amelioration of inflammation and cell death after traumatic brain injury. *Nature*. 2014; 505 (7482): 223-8.

25. Kim SC, Park SW, Ryoo I, Jung SC, Yun TJ, Choi SH, et al. Contrast-enhanced FLAIR (fluid-attenuated inversion recovery) for evaluating mild traumatic brain injury. *PLoS One*. 2014; 9 (7): e102229.

12. Krupin K.N., Kislov M.A. Features of determining the severity of harm caused to a living person with a concussion. *Bulletin of the REAVIZ Medical Institute*. 2017; 3 (27) (in Russian).

13. Novikova E.E., Novikov A.G., Kolokolov G.R. Problems of forensic medical expert assessment of the severity of harm to health in criminal and civil proceedings in cases of concussion (in Russian).

14. Voskresenskaya O.N. Concussion: clinical picture, diagnosis, treatment. Doctoral diss. Russian State Medical University. M., 2004 (in Russian).

15. Voskresenskaya O.N., Damulin I.V. Concussion: clinical picture, diagnosis, treatment. *Russian medical journal*. 2015; 21 (5): 5 (in Russian).

16. Smirniotopoulos JG, Murphy FM, Rushing EJ, Rees JH, Schroeder JW. Patterns of contrast enhancement in the brain and meninges. *Radiographics*. 2007; 27 (2): 525-51

17. Lee EK, Lee EJ, Kim S, Lee YS. Importance of Contrast-Enhanced Fluid-Attenuated Inversion Recovery Magnetic Resonance Imaging in Various Intracranial Pathologic Conditions. *Korean J Radiol*. 2016; 17 (1): 127-41

18. De Coene B, Hajna LJ, Gatehouse P, Longmore D, Whit S, Oatridge A, et al. MR of the brain using fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequences. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1992; 13 (6): 1555-64. pmid:1332459

19. Mathews VP, Caldemeyer KS, Lowe MJ, Greenspan SL, Weber DM, Ulmer JL. Brain: gadolinium-enhanced fast fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging. *Radiology*. 1999; 211 (1): 257-63.

20. Ahmad A, Azad S, Azad R. Differentiation of Leptomeningeal and Vascular Enhancement on Post-contrast FLAIR MRI Sequence: Role in Early Detection of Infectious Meningitis. *J Clin of Diagn Res*. 2015; 9 (1): TC08-TC12.

21. Мустафа В., Али С., Элдженди Н. и др. Роль МРТ с контрастным усилением FLAIR в диагностике внутричерепных поражений. *Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg*. 2021; 57: 108.

22. Tara S. Davis, Jennifer E. Nathan, Ana S. Tinoco Martinez, Jill B. De Vis, L. Christine Turtzo, Lawrence L. Latour Comparison of T1-Post and FLAIR-Post MRI for identification of traumatic meningeal enhancement in traumatic brain injury patients. 2020.

23. Absinta M, Vuolo L, Rao A, Nair G, Sati P, Cortese IC, et al. Gadolinium-based MRI characterization of leptomeningeal inflammation in multiple sclerosis. *Neurology*. 2015; 85 (1): 18-28

24. Kim SC, Park SW, Ryoo I, Jung SC, Yun TJ, Choi SH, et al. Contrast-enhanced FLAIR (fluid-attenuated inversion recovery) for evaluating mild traumatic brain injury. *PLoS One*. 2014; 9 (7): e102229.