

<https://doi.org/10.17116/neiro20198304146>

Прогностическое значение МРТ-классификации уровней и локализации травматического повреждения мозга в зависимости от сроков обследования пациентов

Д.м.н., проф. РАН Н.Е. ЗАХАРОВА*, к.м.н. Г.В. ДАНИЛОВ, д.м.н., проф., академик РАН А.А. ПОТАПОВ, д.м.н., проф., академик РАН И.Н. ПРОНИН, к.м.н. Е.В. АЛЕКСАНДРОВА, д.м.н., проф. А.Д. КРАВЧУК, д.м.н. А.В. ОШОРОВ, к.м.н. А.А. СЫЧЕВ, А.А. ПОЛУПАН, д.м.н., проф. И.А. САВИН

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

Цель исследования — оценить прогностическую значимость магнитно-резонансно-томографической (МРТ) классификации локализации и уровней повреждения головного мозга при обследовании пациентов с травмой мозга разной степени тяжести в сроки от нескольких дней до 3 нед после травмы.

Материал и методы. В анализ включены 278 пациентов с черепно-мозговой травмой (ЧМТ) разной степени тяжести в возрасте от 8 до 74 лет (средний возраст — $31,4 \pm 13,8$ года, медиана — 29 (21,3; 37,0 года)). Тяжесть состояния пациентов при поступлении варьировала от 3 до 15 баллов по шкале комы Глазго (ШКГ) и составляла в среднем 8 ± 4 балла, медиана — 7 (5; 12) баллов. Основными показаниями для МРТ-исследования были несоответствие данных компьютерной томографии и неврологической картины, необходимость уточнения локализации и вида повреждения мозга при условии стабильности витальных функций, отсутствия металлических имплантатов и других противопоказаний. МРТ-исследования проводили в течение первых 3 нед после травмы с использованием T1, T2, T2-FLAIR, ДВИ, T2*GRE, SWAN последовательностей. Повреждения мозга классифицировали по 8 градациям (кортикально-субкортикальный уровень, мозолистое тело, подкорковые структуры, включающие базальные ганглии, таламусы, внутреннюю и наружную капсулы, ствол мозга с одной или двух сторон на разных уровнях). Исходы оценивали по шкале исходов Глазго (ШИГ) через 6 мес после травмы.

Результаты. Для всей обследованной группы выявлены достоверные корреляции ($R = -0,66$; $p < 0,0001$; $R = -0,69$; $p < 0,0001$ соответственно) между предложенной МРТ-градацией уровня поражения мозга, тяжестью состояния пострадавших по ШКГ и исходами ЧМТ по ШКГ. С помощью методов логистической регрессии и ROC-анализа подтверждена высокая точность (77%), чувствительность (77%) и специфичность (76%) предложенной МРТ-классификации в прогнозировании исходов травмы (AUC=0,85). Анализ прогностической значимости МРТ-классификации в подгруппах пациентов, обследованных в течение 1, 2 и 3-й недели после травмы показал достоверные корреляции между ШКГ, ШИГ и МРТ-градацией во всех трех подгруппах. В группе пациентов, обследованных в первые 14 дней после травмы, коэффициенты корреляции были выше по сравнению с аналогичными показателями в подгруппе пациентов, обследованных на 15—21-е сутки после травмы. Наиболее высокие коэффициенты корреляции между МРТ-градацией, тяжестью состояния и исходами травмы были определены в подгруппе пациентов, обследованных в первые 3 дня после ЧМТ ($n=58$).

Выводы. Предложенная МРТ-классификация уровней и локализации травматического повреждения мозга, основанная на данных, полученных при использовании разных МР-последовательностей, достоверно коррелировала с клинической оценкой тяжести состояния по ШКГ и исходами по ШИГ при обследовании пациентов в первые 3 нед после травмы. Наиболее сильную корреляцию между этими параметрами наблюдали у пациентов, обследованных в первые 3 дня после травмы.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, магнитно-резонансная томография, классификация.

The prognostic value of MRI-classification of traumatic brain lesions level and localization depending on neuroimaging timing

N.E. ZAKHAROVA*, G.V. DANILOV, A.A. POTAPOV, I.N. PRONIN, E.V. ALEXANDROVA, A.D. KRAVCHUK, A.V. OSHOROV, A.A. SYCHEV, A.A. POLUPAN, I.A. SAVIN

Burdenko Neurosurgery Center, Moscow, Russia

Objective — the aim of this study was to estimate the prognostic value of magnetic resonance imaging (MRI) classification of traumatic brain lesion localization and levels in patients with a brain injury of various severity in a few days to three weeks after the injury.

Material and methods. The cohort of 278 patients with traumatic brain injury (TBI) of various severity aged 8—74 y.o. (average — 31.4 ± 13.8 , median — 29 (21.3; 37.0)) was included in the analysis. The severity of TBI at admission varied from 3 to 15 Glasgow coma scores (GCS) (average — 8 ± 4 , median — 7 (5; 12)). The main indications and conditions for MRI were: inconsistency between computed tomography (CT) data and neurological status, the necessity to clarify the location and type of brain damage, the absence of metal implants, the stabilization of the patient's vital functions, etc. MRI was performed during the first three weeks after the injury using T1, T2, T2-FLAIR, DWI, T2*GRE, SWAN sequences. The damage to the brain was classified according to 8 grades depending on the lesion levels (cortical-subcortical level, corpus callosum, basal ganglia and/or thalamus, and/or internal, and/or external capsules, uni- or bilateral brain stem injury at a different level). Outcomes were assessed by the Glasgow outcome scale (GOS) 6 months after injury.

Results. The significant correlations were found for the entire cohort between MRI grading and TBI severity (by GCS) and outcome (by GOS) of the injury ($R=-0.66$; $p<0.0001$; $R=-0.69$; $p<0.0001$, respectively). A high accuracy (77%), sensitivity (77%) and specificity (76%) of the proposed MRI classification in predicting injury outcomes ($AUC=0.85$) were confirmed using the logistic regression and ROC analysis. The assessment of MRI-classification prognostic value in subgroups of patients examined during the first, second, and third weeks after injury showed significant correlations between the GCS and the GOS as well as between MRI-grading and GCS, and GOS in all three subgroups. In the subgroup of patients examined during the first 14 days after the injury, the correlation coefficients were higher compared with those obtained in a subgroup examined 15—21 days after the injury. The highest correlations between MRI grading, TBI severity, and the outcome were found in the subgroup of patients who underwent MRI in the first three days after the injury ($n=58$).

Conclusion. The proposed MRI classification of traumatic brain lesion levels and localization based on the use of different MR sequences reliably correlated with the clinical estimate of TBI severity by GCS and the outcomes by GOS in patients examined during the first three weeks after injury. The strongest correlation was observed for patients examined during the first three days after the injury.

Keywords: traumatic brain injury, magnetic resonance imaging, classification.

Высокая чувствительность магнитно-резонансной томографии (МРТ) при всех видах очаговых и диффузных повреждений полушарных и стволовых структур мозга, по сравнению с компьютерной томографией (КТ), обусловила большой интерес к уточнению показаний к этому исследованию, выбору МР-последовательностей и оценке прогностической значимости выявляемых повреждений при черепно-мозговой травме (ЧМТ) разной степени тяжести. В ранее опубликованных работах применяли разные последовательности МРТ, а сроки исследований варьировали от нескольких дней [1—4] до нескольких недель [5—7], что затрудняет сопоставление результатов и определение оптимальных сроков применения этого метода. Кроме того, авторы анализировали преимущественно подгруппы пациентов с ЧМТ той или иной степени тяжести. В предыдущих сериях наших работ МРТ-исследования проводили у пациентов с ЧМТ разной степени тяжести в течение первых 3 нед после травмы, используя такие последовательности, как T1, T2, T2-FLAIR, ДВИ, T2*GRE, SWAN, которые выявляют негеморрагические и микрогеморрагические повреждения и не требуют длительной постобработки. Это позволило предложить расширенную МРТ-классификацию локализации и уровней повреждения мозга, которая показала высокую прогностическую значимость в гетерогенной группе пострадавших с ЧМТ разной степени тяжести [8—11]. В недавно опубликованном обзоре [5] в метаанализ по оценке прогностической значимости МРТ в остром периоде ЧМТ средней и тяжелой степени включены 27 публикаций по результатам исследований, выполненных в течение 28 дней с момента травмы. По мнению авторов обзора, большинство работ, включенных в метаанализ, имели высокий уровень методологической погрешности, что в первую очередь объясняется широким диапазоном сроков обследования пациентов после травмы. В связи с этим актуальным является вопрос о том, в какой мере сроки МРТ-исследований могут оказать влияние на прогностическую значимость полученных дан-

ных, поскольку у части пациентов в остром периоде травмы имеются противопоказания или существенные ограничения для их выполнения.

Цель данного исследования — изучить прогностическую значимость предложенной МРТ-классификации травматического повреждения головного мозга при обследовании пациентов в состоянии разной степени тяжести в сроки от нескольких дней до 3 нед после травмы.

Клинические наблюдения и методы исследования

В обследованную группу включены пациенты, МРТ головного мозга которым была выполнена в первые 3 нед после ЧМТ разной степени тяжести за период с 2001 по 2017 г. Основными показаниями к МРТ-исследованию, которые формулировались при совместном обсуждении специалистов, участвующих в обследовании и лечении пациентов, являлись несоответствие данных КТ и неврологической картины, а также ее динамики, необходимость уточнения локализации и вида повреждения мозга. Обязательными условиями выполнения МРТ были отсутствие металлических имплантов, информированное согласие родственников или пациента (в ясном сознании), регресс психомоторного возбуждения, восстановление адекватности поведения пациента. Дополнительными условиями для МРТ у пациентов с тяжелой ЧМТ были стабилизация гемодинамики, нормализация внутричерепного давления, возможность полного обеспечения мониторинга и поддержания жизненно важных функций при транспортировке и в процессе выполнения исследования.

Критерием включения в настоящее исследование также была возможность оценить тяжесть состояния по шкале комы Глазго (ШКГ) при поступлении и исход по шкале исходов Глазго (ШИГ) через 6 мес после травмы при непосредственном контакте с пациентом или на основании опроса его ближайших родственников. Данным условиям и критериям для включения в анализ соответствовали 278 пациентов, составивших 15,7% всех пострадавших, поступивших

Таблица 1. Базовые характеристики исследуемой когорты пациентов с черепно-мозговой травмой (n=278)

Параметр	Абс.	%
Пол:		
мужской	195	70
женский	83	30
Возраст, годы		
Средний \pm СО	31 \pm 14	
Диапазон	8—74	
Механизмы травмы:		
дорожно-транспортные происшествия	143	67
нападения	87	16
падения	37	13
прочие	11	4
Тяжесть состояния при поступлении (ШКГ):		
легкая (13—15 баллов)	42	15
средняя (9—12 баллов)	64	23
тяжелая (3—8 баллов)	172	62
Исходы через 6 мес (ШИГ):		
благоприятные (хорошее восстановление, умеренная инвалидизация)	151	54
неблагоприятные (тяжелая инвалидизация, вегетативное состояние, смерть)	127	46

Примечание. СО — стандартное отклонение.

Таблица 2. Распределение пациентов в коме и с неблагоприятными исходами в соответствии с градацией локализации и уровней поражения мозга

МРТ-градация	Уровень повреждений	Всего		ШКГ < 9		ШИГ < 4	
		n	%	n	%	n	%
1	Отсутствие повреждений	26	3,8	1	3,8	0	0
2	Корково-субкортикальный уровень	61	32,8	20	32,8	8	13,1
3	Мозолистое тело \pm 2	32	62,5	20	62,5	10	31,2
4	Базальные ганглии, таламус, наружная, внутренняя капсулы \pm 2—3	28	64,3	18	64,3	13	46,4
5	Одностороннее повреждение ствола на любом уровне \pm 2—4	50	84,0	42	84,0	25	50,0
6	Двустороннее повреждение среднего мозга \pm 2—4	50	84,0	42	84,0	43	86,0
7	Двустороннее повреждение моста \pm 2—6	29	96,6	28	96,6	27	93,1
8	Двустороннее повреждение продолговатого мозга \pm 2—7	2	50,0	1	50,0	1	50,0
Итого		278	61,9	172	61,9	127	45,7

за указанный период с диагнозом «острая черепно-мозговая травма».

В анализируемой группе были 83 женщины и 195 мужчин в возрасте от 8 до 74 лет (средний возраст — 31,4 \pm 13,8 года, медиана — 29 (21,3; 37,0 года).

Тяжесть состояния пациентов при поступлении в стационар варьировала от 3 до 15 баллов по ШКГ и в среднем составила 8 \pm 4 балла по ШКГ (медиана — 7 (5; 12 баллов). Медиана оценки исходов по ШИГ в исследуемой группе составила 4 (3; 4 балла).

В табл. 1 представлены основные характеристики анализируемой группы больных.

Как видно из табл. 1, в анализируемой группе доминировала автодорожная травма (67%), значительную часть составляли пострадавшие с тяжелой ЧМТ (62% пациентов), меньшую — с травмой средней степени тяжести (23% пациентов), и только у 15% пострадавших была выявлена легкая ЧМТ. У 54% пациентов в данной группе наблюдались благоприятные исходы (хорошее восстановление или умеренная

инвалидизация) и у 45% — неблагоприятные исходы (смерть, вегетативное состояние или глубокая инвалидизация).

Анализ результатов МРТ-исследований проводили в соответствии с предложенной ранее МРТ-классификацией локализации и уровней поражения мозга (табл. 2). Согласно этой классификации выделяли следующие градации: 1) отсутствие повреждений; 2) кортико-субкортикальные повреждения больших полушарий или мозжечка; 3) повреждение мозолистого тела \pm 2; 4) повреждение подкорковых структур (базальные ганглии, таламусы, внутренняя и наружная капсулы) \pm 2—3; 5) одностороннее повреждение ствола на любом уровне \pm 2—4; 6) двустороннее повреждение среднего мозга \pm 2—4; 7) двустороннее повреждение моста \pm 2—6; 8) двустороннее повреждение продолговатого мозга \pm 2—7 [8, 10].

С целью оценки прогностической значимости МРТ-классификации ЧМТ анализировали корреляции между градациями (от 1 до 8), тяжестью травмы

по ШКГ и исходами по ШИГ как в общей группе 278 пациентов, так и в подгруппах пациентов, обследованных в течение первых 7 дней ($n=110$), 8—14 дней ($n=88$) и 15—21 дня ($n=80$) после травмы.

MPT-исследования проводились на томографах 1,5T (Signa Excite, GE) и 3,0T (General Electric Signa HDxt). MPT-протокол включал структурные последовательности T1 FSE (TR/TE/NEX=400—640 ms/15—20 ms/2), T2 FSE (TR/TE/NEX=3000—5000 ms/ ≥ 80 ms/2), T2-FLAIR (TR/TE/TI/NEX=8000—11 000 ms/120—130 ms/1900—2400ms/1) с толщиной среза 5 мм, диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) (SE-EPI, $b=1000$ с/мм²) с толщиной среза 5 мм (в аксиальной проекции), FOV=240×240 мм. Последовательность градиентное эхо в разные годы включала T2*GRE, 3D GRE — SWAN (для SWAN, 3,0T MPT — TR/TE/NEX/flip angle = 91,5 мс / 42,5 мс / 1 / 20°, толщина среза 2,8 мм, FOV=220×220 мм). Последовательность SWAN была выполнена 149 пациентам. При наличии массивных внутримозговых очагов повреждения или интракраниальных скоплений крови большого объема дополнительно выполнялись MPT-исследования в сагиттальной и фронтальной проекциях.

Статистический анализ данных выполнен с помощью языка и среды для статистического программирования R (версия 3.5.0, www.r-project.org). Различия в распределениях непрерывных количественных величин оценивали с помощью непараметрического теста Манна—Уитни, категориальных — с помощью критерия χ^2 . Корреляционный анализ проведен с расчетом непараметрического коэффициента корреляции Спирмена. Для оценки вклада повреждений различных структур в вероятность неблагоприятного исхода был использован метод бинарной логистической регрессии. Этот же метод был применен для оценки прогностической значимости предложенной MPT-градации с последующим расчетом специфичности, чувствительности, точности модели и площади под ROC-кривой (AUC — Area Under Curve). Модель строили на обучающей выборке размером 70%, тестировали на выборке размером 30% от исходной. Результаты статистических тестов признавали значимыми на уровне статистической значимости $p<0,05$.

Результаты

Для всей группы пациентов ($n=278$) выявлены достоверные корреляции ($R=-0,66$; $p<0,0001$; $R=-0,69$; $p<0,0001$ соответственно) между MPT-градацией уровня поражения мозга, тяжестью состояния пострадавших по ШКГ и исходами травмы по ШИГ. С помощью методов логистической регрессии и ROC-анализа была подтверждена высокая точность (77%), чувствительность (77%) и специфичность (76%) предложенной MPT-классификации в прогнозировании исходов ЧМТ (AUC=0,85) (рис. 1). Наиболее значимыми прогностическими MPT-признаками неблагоприятных исходов (смерть, вегетативное со-

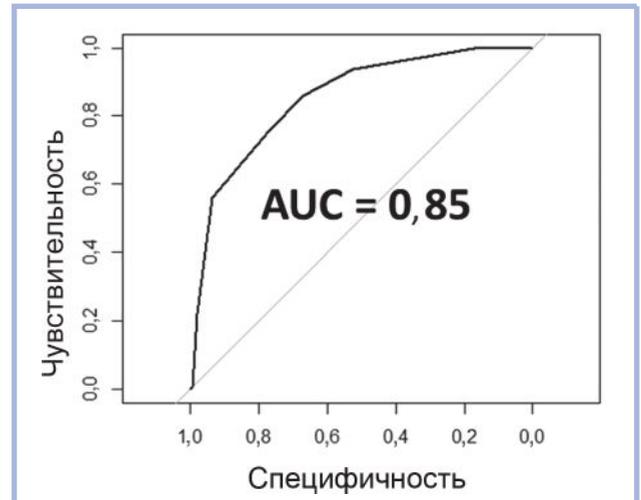


Рис. 1. ROC-кривая для оценки прогностической значимости MPT-градации уровня и локализации повреждений головного мозга при черепно-мозговой травме.

Fig. 1. ROC-curve for assessing the prognostic value of MRI-grading scale of the levels and localization of brain damage in traumatic brain injury.

стояние или глубокая инвалидизация) были повреждения мозолистого тела, ствола мозга, таламусов и подкорковых структур, включающих базальные ганглии, внутреннюю и наружную капсулы (рис. 2). Высокие шансы неблагоприятных исходов отмечались также при наличии внутримозговых кровоизлияний, менее значимые — при компрессии базальных цистерн и субарахноидальных кровоизлияниях.

У 131 (47,1%) из 278 обследованных пациентов были выявлены повреждения ствола мозга (см. табл. 2), при этом наиболее значимыми (статистически достоверными) факторами неблагоприятных исходов в этой группе были повреждения таламусов и признаки компрессии базальных цистерн. На рис. 3 представлено соотношение шансов неблагоприятных исходов при наличии у пациентов указанных признаков.

Далее мы провели сравнение групп пациентов, которым MPT была выполнена в течение 1, 2 и 3-й недели после ЧМТ. Статистически значимых различий по возрасту и полу между группами не обнаружено. В первой группе выделили пациентов, MPT которым была выполнена в первые 3 дня и на 4—7-е сутки после ЧМТ. Различия по степени тяжести состояния пациентов в этих подгруппах (медианы по ШКГ — 12 (7; 14) и 8 (6; 12) баллов соответственно) были статистически значимы ($p=0,020$). Различия по частоте повреждения ствола и исходов по ШИГ статистической значимости не достигали (табл. 3).

Тяжесть состояния пациентов, MPT которым была выполнена в первые 7 сут и на 8—14-е сутки после ЧМТ (медианы по ШКГ — 9 (7; 14) и 7 (5; 11) баллов соответственно, см. табл. 3) различалась значимо ($p=0,0003$). Частота повреждения ствола в этих подгруппах достоверно не отличалась. Процент неблагоприятных исходов по ШИГ оказался больше в под-

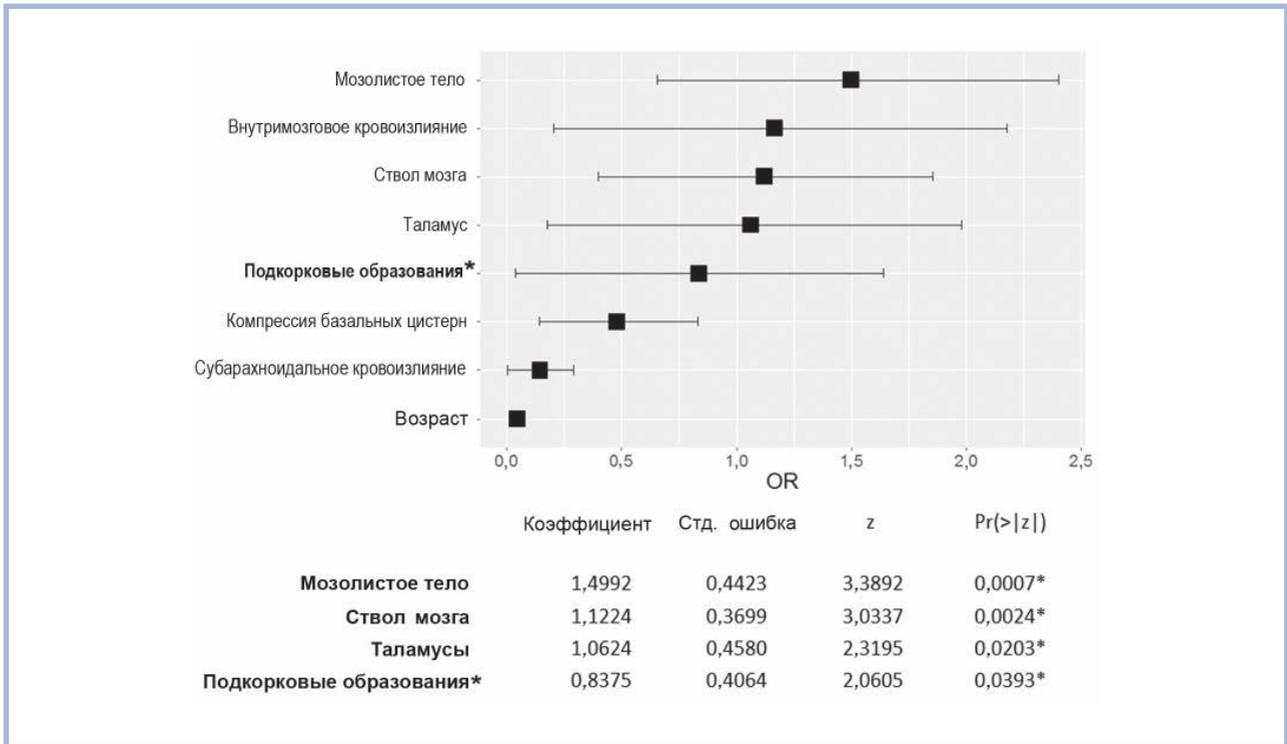


Рис. 2. Факторы риска неблагоприятного исхода, определенные с помощью модели логистической регрессии (OR — odds ratio (отношение шансов), n=278), * — подкорковые образования: базальные ганглии, внутренняя и наружная капсулы.

Fig. 2. Risk factors of unfavourable outcome determined with the logistic regression model (OR — odds ratio, n=278), * — subcortical structures: basal ganglia, internal and external capsules.

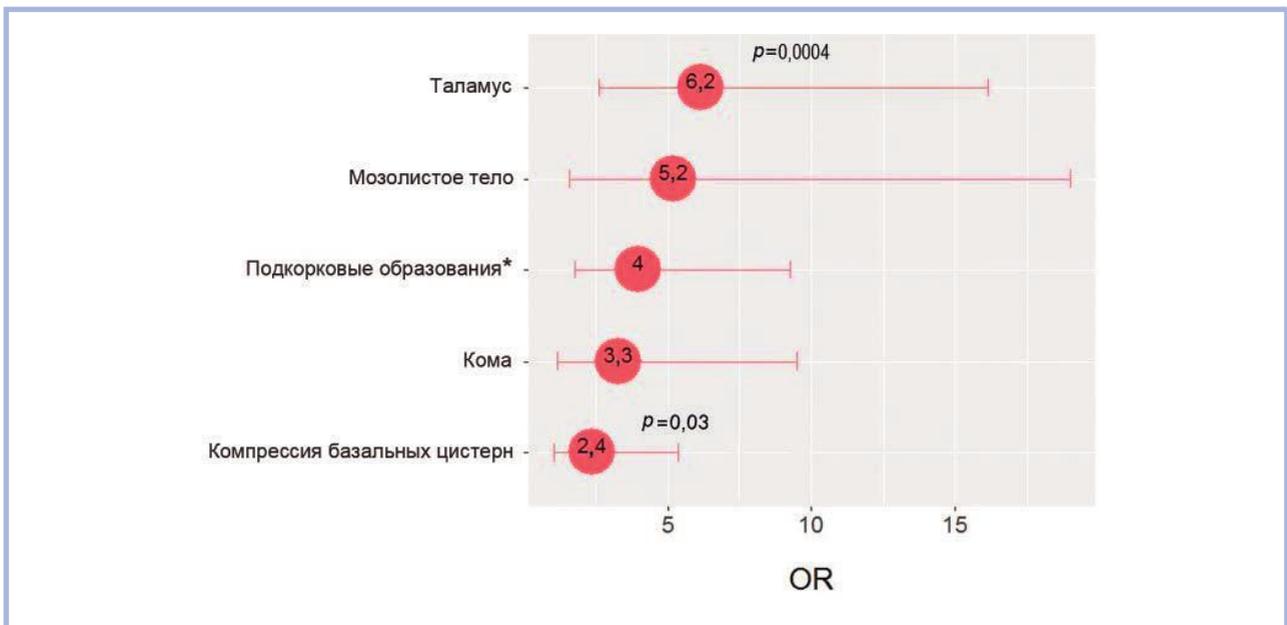


Рис. 3. Факторы, влияющие на риск неблагоприятного исхода и соответствующие отношения шансов в подгруппе пациентов с одно- или двусторонними повреждениями ствола головного мозга (OR — odds ratio (отношение шансов), n=131), * — подкорковые образования: базальные ганглии, внутренняя и наружная капсулы.

Fig. 3. Factors affecting the risk of unfavourable outcome and the corresponding odds ratios in the subgroup of patients with single or bilateral brain stem injuries (OR — odds ratio, n=131), * — subcortical structures: basal ganglia, internal and external capsules.

Таблица 3. Базовые характеристики исследуемой когорты (n=278) и подгрупп пациентов, распределенных по времени проведения МРТ головного мозга после ЧМТ

Параметр	Вся когорта (n=278)	1–3-и сутки после ЧМТ (n=58)	4–7-е сутки после ЧМТ (n=52)	1–7-е сутки после ЧМТ (n=110)	8–12-е сутки после ЧМТ (n=88)	15–21-е сутки после ЧМТ (n=80)
Возраст, годы:						
средний \pm СО	31,4 \pm 13,8	31,9 \pm 14,3	31,7 \pm 14,6	31,8 \pm 14,4	29,4 \pm 11,6	33,1 \pm 15,0
медиана (квартили)	29 (21,3; 37,0)	29,5 (21,3; 40,8)	28,5 (22,0; 38,3)	29 (22,0; 38,8)	26 (21,0; 34,3)	30 (22,8; 42,3)
диапазон	8–74	8–74	13–70	8–74	9–68	9–72
Пол:						
мужчины	195 (70,1)	37 (63,8)	38 (73,1)	75 (68,2)	61 (69,3)	59 (73,8)
женщины	83 (29,9)	21 (36,2)	14 (26,9)	35 (31,8)	27 (30,7)	21 (26,3)
Тяжесть состояния пациентов (по ШКГ), баллы:						
средняя \pm СО	8 \pm 4	11 \pm 4	9 \pm 4	10 \pm 4	8 \pm 4	8 \pm 3
медиана	7 (5; 12)	12 (7; 14)	8 (6; 12)	9 (7; 14)	7 (5; 11)	7 (5; 9)
диапазон	3–15	4–15	3–15	3–15	3–15	3–15
Исходы ЧМТ (по ШИГ), баллы:						
медиана (квартили)	4 (3; 4)	4 (3; 5)	4 (3; 5)	4 (3; 5)	3 (3; 4)	3 (3; 4)
благоприятные (4–5 балла по ШИГ), абс. (%)	151 (54,3)	41 (70,7)	33 (63,5)	74 (67,3)	41 (46,6)	36 (45,0)
неблагоприятные (1–3 балла по ШИГ), абс. (%)	127 (45,7)	17 (29,3)	19 (36,5)	36 (32,7)	47 (53,4)	44 (55,0)
Число (доля, %) пациентов с повреждением ствола головного мозга	131 (47,1)	18 (31,0)	26 (50)	44 (40,0)	46 (52,3)	41 (51,2)

Таблица 4. Статистически значимые ($p<0,0001$) корреляции между оценками по МРТ-градации, ШКГ и ШИГ в исследуемой когорте (n=278) и в подгруппах пациентов, МРТ головного мозга которым проведена в разные сроки после ЧМТ

Показатель	Вся когорта (n=278)	1–3-и сутки после ЧМТ (n=58)	4–7-е сутки после ЧМТ (n=52)	1–7-е сутки после ЧМТ (n=110)	8–14-е сутки после ЧМТ (n=88)	15–21-е сутки после ЧМТ (n=80)
Коэффициент корреляции между оценками по ШКГ и ШИГ	0,67	0,80	0,68	0,73	0,60	0,52
Коэффициент корреляции между МРТ-градацией и оценкой по ШКГ	–0,66	–0,84	–0,53	–0,71	–0,64	–0,52
Коэффициент корреляции между МРТ-градацией и оценкой по ШИГ	–0,69	–0,78	–0,60	–0,75	–0,72	–0,56

группе пациентов, обследованных на 8–14-е сутки после травмы ($p=0,003$).

В подгруппах пациентов, МРТ головного мозга которым была выполнена в 8–14-е сутки и в 15–21-е сутки после ЧМТ, не наблюдали статистически значимых различий по степени тяжести по ШКГ, частоте повреждения ствола головного мозга и исходам по ШИГ.

Раздельный анализ прогностической значимости МРТ-классификации в 3 подгруппах пациентов, обследованных в течение 1, 2 и 3-й недели после травмы, показал достоверные корреляции между оценками по ШКГ и ШИГ, с одной стороны, и МРТ-градацией — с другой, во всех 3 подгруппах (табл. 4). Вместе с тем в группе пациентов, обследованных в первые 14 дней после травмы, коэффициенты корреляции были выше по сравнению с аналогичными показателями, полученными при обследовании пациентов в течение 15–21-х суток после ЧМТ (см. табл. 4).

В данной серии наблюдений 58 пациентам МРТ-исследование было выполнено в течение первых 3 сут после травмы. Для этой подгруппы выявлены наибо-

лее высокие коэффициенты корреляции между МРТ-градацией и оценками по ШКГ ($R=-0,84$; $p<0,0001$) и ШИГ ($R=-0,78$; $p<0,0001$). Аналогичные показатели корреляции для 52 пациентов, обследованных в сроки от 4 до 7 дней включительно, были также достоверными, но меньшими по значению: $R=-0,53$ ($p<0,0001$) и $R=-0,60$ ($p<0,0001$) соответственно.

Таким образом, наивысшую прогностическую значимость имели данные МРТ (в режиме T1, T2, T2-FLAIR, ДВИ, T2*GRE, SWAN), полученные на самых ранних сроках после травмы.

Обсуждение

Предложенная нами ранее МРТ-классификация травмы головного мозга [8–12] была основана на оценке локализации и уровня повреждения полушарных и ствольных структур мозга у 162 пациентов с ЧМТ разной степени тяжести в первые 3 нед после травмы. Согласно этой классификации, пациенты были распределены по 8 градациям в зависимости от вовлечения кортико-субкортикальных структур, мо-

золистого тела, подкорковых структур (базальных ганглиев, таламусов, внутренней и наружной капсулы), одно- или двустороннего повреждения ствола на уровне среднего мозга, моста и продолговатого мозга (см. табл. 2). Для детального выявления всех видов негеморрагических и микрогеморрагических повреждений в первые 3 нед после травмы при МРТ-исследовании применяли следующие последовательности: T1, T2, T2-FLAIR, ДВИ, T2*GRE, 3D GRE (SWAN). Следует подчеркнуть, что T2*GRE, а особенно 3D-градиентное эхо (SWI или SWAN) обладают высокой чувствительностью к продуктам крови и дезоксигемоглобину и успешно применяются в диагностике микрогеморрагий с первых суток до нескольких месяцев и лет после травмы [13–20].

Разработанная МРТ-классификация продемонстрировала высокую корреляцию с тяжестью состояния пациентов по ШКГ и исходами травмы по ШИГ, в связи с чем она была включена в клинические рекомендации по диагностике и лечению тяжелой ЧМТ [21]. Дальнейшее накопление клинических наблюдений по нашему протоколу МРТ-исследований позволило аккумулировать данные 278 пациентов и подтвердить высокую прогностическую значимость предложенной классификации на большем объеме наблюдений. При этом коэффициенты корреляции между МРТ-градацией, ШКГ и ШИГ в более крупной серии ($R=-0,66$; $p<0,0001$; $R=-0,69$; $p<0,0001$, $n=278$, см. табл. 4) были близки к аналогичным показателям, рассчитанным в меньшей серии ($R=-0,62$; $p<0,01$; $R=-0,72$; $p<0,01$, $n=162$) [8, 10, 12]. Кроме того, точность, чувствительность и специфичность предложенной МРТ-классификации в прогнозировании исходов травмы была также подтверждена с помощью методов логистической регрессии и ROC-анализа (см. рис. 2).

Учитывая, что у части пострадавших с ЧМТ имелись противопоказания либо ограничения к МРТ-исследованию в ранние сроки после травмы, был проведен сравнительный анализ прогностической значимости предложенной МРТ-классификации при обследовании пациентов в течение первых 3 дней, 1, 2 и 3-й недели после травмы. Средний возраст, соотношение мужчин и женщин в подгруппах существенно не отличались; состояние пациентов, обследованных в течение 1-й недели, было менее тяжелым, а исходы лучше, чем у пациентов, обследованных в последующие 2 нед (см. табл. 3). В целом во всех подгруппах пациентов, обследованных в разные сроки после травмы, МРТ-классификация показала достоверные корреляции с тяжестью состояния и исходами по ШКГ и ШИГ. Вместе с тем были отмечены и определенные особенности этих показателей. Так, в нашей серии 58 пациентам МРТ была выполнена в течение первых 3 сут после травмы. Для этой подгруппы корреляция МРТ-градации с оценкой по ШКГ составила $R=-0,84$ ($p<0,0001$), а с оценкой

по ШИГ — $R=-0,78$ ($p<0,0001$). Аналогичные показатели корреляции для 52 пациентов, обследованных в сроки от 4 до 7 дней включительно, составили $R=-0,53$ ($p<0,0001$) и $R=-0,60$ ($p<0,0001$). Таким образом, наивысшую прогностическую значимость имели данные МРТ, полученные на самых ранних сроках после травмы. Хорошо известно, что тяжесть состояния, оцененная по ШКГ, — один из наиболее надежных прогностически значимых клинических признаков, поскольку между этой шкалой и исходами существует сильная и достоверная корреляция. В первой серии наблюдений мы подтвердили эту зависимость, коэффициент корреляции составил $R=0,64$ ($p<0,000001$) [10]. Как видно из табл. 4, величины коэффициентов корреляции между оценками по ШКГ и ШИГ, а также МРТ-градацией и ШКГ и ШИГ во все сроки исследований были высокими и достоверными, но наиболее высокие значения наблюдали у пациентов, обследованных в первые 3 сут после травмы, а наиболее низкие — у пациентов, которым МРТ была проведена на 15–21-е сутки.

Следует подчеркнуть, что высокая корреляция МРТ-классификации с тяжестью состояния по ШКГ, а также исходами особенно важна в ситуациях, когда оценить состояние по ШКГ затруднительно или невозможно (например, из-за выраженного отека или гематомы перiorбитальной области, интубации или трахеостомии с проведением искусственной вентиляции легких (ИВЛ), необходимости седации и анагезии либо их сочетания). На наш взгляд, это обстоятельство имеет также значение для объективной оценки тяжести травматического повреждения мозга и прогнозирования исхода, если травма получена в условиях наркотической или алкогольной интоксикации.

Наиболее значимыми прогностическими МРТ-признаками неблагоприятных исходов (смерть, вегетативное состояние или глубокая инвалидизация) было повреждение мозолистого тела, подкорковых структур (базальных ганглиев, внутренней и наружной капсул), таламусов и ствола мозга (см. рис. 2). Эти данные существенно дополняют работы других авторов, в которых особое внимание уделялось прогностическому значению МРТ-признаков повреждения ствола мозга, базальных ганглиев и таламусов при ЧМТ тяжелой или средней степени тяжести [1–4, 6, 7, 22–24]. Вместе с тем свой вклад в динамику травматической болезни мозга и исходы травмы вносят такие вторичные факторы патогенеза, как отек мозга, нарушение метаболизма нейромедиаторов, мозгового кровотока и его ауторегуляции, внутричерепная гипертензия и др. [8, 10, 24–30].

Учитывая накопленные клинические данные и результаты МРТ в нашей последней серии (278 наблюдений), а также данные других авторов [6, 31], в предложенную классификацию можно включить новые градации, например одно- или двусторонние по-

вреждения полушарных структур, полушарий мозжечка, базальных ганглиев и таламусов, вентральных или дорзальных структур ствола мозга, проводящих путей и др. [32, 33]. Таким образом, в зависимости от поставленных задач МРТ-классификация может расширяться с разной степенью детализации отдельных анатомических образований мозга.

По мнению авторов аналитического обзора [5], посвященного прогностическому значению МРТ при ЧМТ средней и тяжелой степени, большинство публикаций, включенных в метаанализ, имели высокий уровень методологической погрешности (bias). На наш взгляд, причинами этих погрешностей являются существенные противопоказания и ограничения к использованию МРТ в одни и те же сроки в остром периоде ЧМТ разной степени тяжести, которые не позволяют выполнить сплошное когортное исследование последовательно поступающих пострадавших. По этой же причине к ранним МРТ-исследованиям разные авторы относят исследования, выполненные в сроки от нескольких дней до 5 нед после травмы [6].

Сформулированные в нашей работе показания и противопоказания к МРТ-исследованиям при ЧМТ разной степени тяжести обусловили широкий диапазон сроков обследования в анализируемой группе. Как видно из табл. 3, пациенты, обследованные в разные сроки после травмы, не отличались по возрасту и полу, однако состояние пациентов, обследованных в более поздние сроки (2–3 нед после травмы) было более тяжелым и исходы в этих подгруппах были хуже. Аналогичные данные были получены в результате метаанализа [5], согласно которому, пациенты, обследованные с помощью МРТ в сроки более 7 дней, имели больший риск неблагоприятных исходов, чем обследованные в более ранние сроки.

Хорошо известно, что первичное повреждение мозга (особенно диффузное аксональное) вызывает каскад вторичных повреждений на микроструктурном уровне, идентификация которых в некоторых случаях возможна только с использованием таких последовательностей, как диффузионная тензорная, диффузионная куртозисная МРТ с анализом спектра количественных диффузионных характеристик ткани мозга. Эти, а также такие методы нейровизуализации, как МРТ-спектроскопия, перфузионная,

функциональная МРТ и другие (более трудоемкие) последовательности требуют специальных условий и показаний. Вопрос о целесообразности применения различных последовательностей МРТ для оценки тяжести травмы мозга, динамики травматического процесса и прогнозирования исходов сегодня решается с учетом конкретных задач и клинических условий их выполнения.

Заключение

Исследование показало, что предложенная МРТ-классификация локализации и уровня травматического повреждения мозга, основанная на использовании разных МР-последовательностей, достоверно коррелирует с клинической оценкой тяжести состояния по ШКГ и исходами по ШИГ при МРТ-обследовании в первые 3 нед, а наиболее высокие показатели корреляции получены при обследовании пациентов в первые 3 дня после травмы.

Основными показаниями к МРТ-исследованию при ЧМТ являются: несоответствие данных КТ неврологическому статусу и ее динамике, необходимость уточнения локализации и вида повреждения мозга, а также прогнозирования исходов. При отсутствии противопоказаний сроки МРТ-исследований определяются клиническим состоянием пациента и могут варьировать от нескольких суток до 3 нед. Высокая корреляция МРТ-градации с тяжестью состояния пациентов, а также исходами особенно важна в ситуациях, когда оценить состояние по ШКГ затруднительно или невозможно (выраженный отек или гематома перiorбитальной области, интубация или трахеостомия с проведением ИВЛ, необходимость седации и анальгезии, либо их сочетания).

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — А.А., Н.Е., Г.В., И.Н.

Сбор и обработка материала — Н.Е., Е.В., А.Д., А.В., А.А., А.А., И.А.

Статистическая обработка — Г.В.

Написание текста — А.А., Н.Е.

Редактирование — Н.Е., А.А., Г.В., И.Н.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Firsching R, Woischneck D, Klein S, Reissberg S, Döhning W, Peters B. Classification of severe head injury based on magnetic resonance imaging. *Acta Neurochir (Wien)*. 2001;143:263-271.
2. Mannion R, Cross J, Bradley P, Coles JP, Chatfield D, Carpenter A, Pickard JD, Menon D, Hutchinson PJ. Mechanism-based MRI classification of traumatic brainstem injury and its relationship to outcome. *J Neurotrauma*. 2007;24:128-135. <https://doi.org/10.1089/neu.2006.0127>
3. Lagares A, Ramos A, Derez-Nunes A, Ballenilla F, Alday R, Gómez PA, Kaen A, Lobato RD. The role of MRI in assessing prognosis after severe and moderate head injury. *Acta Neurochir (Wien)*. 2009;151(4):341-356. <https://doi.org/10.1007/s00701-009-0194-8>
4. Hilario A, Ramos A, Millan JM, Salvador E, Gomez PA, Cicuendez M, Diez-Lobato R, Lagares A. Severe traumatic head injury: prognostic value of brain Stem injuries detected at MRI. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2012; 33:1925-1931. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3092>

5. Haghbayan H, Boutin A, Laflamme M, Lauzier F, Shemilt M, Moore L, Zarychanski R, Douville V, Fergusson D, Turgeon A. The prognostic value of MRI in moderate and severe traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2017;45(12):e1280–e1288. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002731>
6. Moe HK, Moen KG, Skandsen T, Kvistad KA, Laureys S, Håberg A, Vik A. The influence of traumatic axonal injury in thalamus and brainstem on level of consciousness at scene or admission: a clinical magnetic resonance imaging study. *J Neurotrauma*. 2018;35(7):975–984. <https://doi.org/10.1089/neu.2017.5252>
7. Castaño Leon AM, Cicuendez M, Navarro B, Munarriz PM, Cepeda S, Paredes I, Hilario A, Ramos A, Gómez PA, Lagares A. What can be learned from diffusion tensor imaging from a large traumatic brain injury cohort?: white matter integrity and its relationship with outcome. *J Neurotrauma*. 2018;35(20):2365–2376. <https://doi.org/10.1089/neu.2018.5691>
8. Захарова Н.Е., Корниенко В.Н., Потапов А.А., Пронин И.Н. *Нейровизуализация структурных и гемодинамических нарушения при травме мозга*. М.: ИП Т.А. Алексеева, 2013. Zakharova NE, Kornienko VN, Potapov AA, Pronin IN. Neuroimaging of structural and hemodynamic disturbances in brain trauma. М.: «Т.А. Алексеева», 2013. (In Russ.).
9. Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Александрова Е.В., Данилов Г.В., Гаврилов А.Г., Зайцев О.С., Кравчук А.Д., Сычев А.А. Новая классификация травматических поражений головного мозга, основанная на данных магнитно-резонансной томографии. *Журнал Вестник РФФИ*. 2016;2(90):12–19. Zakharova NE, Potapov AA, Kornienko VN, Pronin IN, Aleksandrova EV, Danilov GV, Gavrilo AG, Zaytsev OS, Kravchuk AD, Sychev AA. The new classification of traumatic brain lesions based on data of magnetic resonance imaging. *Russian Foundation for Basic Research Journal*. 2016;2(90):12–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.22204/2410-4639-2016-090-02-12-19>
10. Zakharova N, Kornienko V, Potapov A, Pronin I. *Neuroimaging of traumatic brain injury*. Cham Heidelberg New York Dordrecht London: Springer; 2014. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04355-5>
11. Zakharova N, Potapov A, Kornienko V, Pronin I, Alexandrova E, Danilov G, Gavrilo AG, Zaitsev O, Kravchuk A, Sychev A. Classification of traumatic brain lesions according to MRI data: a new grading scale. 15th European congress of neurosurgery 2014. *Medimond International Proceedings*. 2015;211–219.
12. Потапов А.А., Захарова Н.Е., Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Александрова Е.В., Зайцев О.С., Лихтерман Л.Б., Гаврилов А.Г., Данилов Г.В., Ошоров А.В., Сычев А.А., Полупан А.А. Нейроанатомические основы травматической комы: клинические и магнитно-резонансные корреляты. *Вопросы нейрохирургии*. 2014;78(1):4–13. Potapov AA, Zaharova NE, Kornienko VN, Pronin IN, Aleksandrova EV, Zaitsev OS, Lihtherman LB, Gavrilo AG, Danilov GV, Oshorov AV, Sychev AA, Polupan AA. The Neuroanatomical basis for traumatic coma: clinical and magnetic resonance correlates. *Zh Vopr Neurokhir Im NN. Burdenko*. 2014;78(1):4–13. (In Russ.).
13. Пронин И.Н., Туркин А.М., Долгушин М.Б., Подопригора А.Е., Пяшина Д.В., Родионов П.В., Celik A., Фадеева Л.М., Хейредин А.С., Корниенко В.Н. Тканевая контрастность, обусловленная магнитной восприимчивостью: применение в нейрорентгенологии. *Журнал Медицинская визуализация*. 2011;3:75–84. Pronin IN, Turkin AM, Dolgushin MB, Podoprigrora AE, Pyashina DV, Rodionov PV, Celik A, Fadeeva LM, Hejreddin AS, Kornienko VN. Tissue contrast based on magnetic susceptibility: application in neuroradiology. *J Medical visualization*. 2011;3:75–84. (In Russ.).
14. Пронин И.Н., Захарова Н.Е., Фадеева Л.М., Пронин А.И., Шульц Е.И., Баталов А.И. Импульсная последовательность SWI/SWAN в МРТ-диагностике микрокровоизлияний и сосудистых мальформаций. *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2018;1(3):49–59. Pronin IN, Zaharova NE, Fadeeva LM, Pronin AI, Shul'ts EI, Batalov AI. SWI/SWAN pulse sequence in MR imaging of microhemorrhages and vascular malformations. *Oncologic Journal: Radiation Diagnosis, Radiation Treatment*. 2018;1(3):49–59. (In Russ.).
15. Reichenbach J, Venkatesan R, Schillinger D, Kido DK, Haacke EM. Small vessels in the human brain: MR venography with deoxyhemoglobin as an intrinsic contrast agent. *Radiology*. 1997;204(1):272–277. <https://doi.org/10.1148/radiology.204.1.9205259>
16. Scheid R, Preul C, Gruber O, Wiggins C, von Cramon DY. Diffuse axonal injury associated with chronic traumatic brain injury: evidence from T2*-weighted gradient-echo imaging at 3T. *AJNR*. 2003;24(6):1049–1056.
17. Tong K, Ashwal S, Holshouser B et al. Diffuse axonal injury in children: clinical correlation with hemorrhagic lesions. *Ann Neurol*. 2004;56(1):36–50. <https://doi.org/10.1002/ana.20123>
18. Parizel P, Van Goethem J, Ozsarlak O, et al. New developments in the neuro-radiological diagnosis of craniocerebral trauma. *Eur Radiol*. 2005;15(3):569–581. <https://doi.org/10.1007/s00330-004-2558-z>
19. Haacke E, Mittal S, Wu Z, Neelavalli J, Cheng YC. Susceptibility-weighted imaging: technical aspects and clinical applications, part 1. *Am J Neuroradiol*. 2009;30(1):19–30. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A1400>
20. Haacke E, Duhaime A, Gean A, Riedy G, Wintermark M, Mukherjee P, Brody DL, DeGraba T, Duncan TD, Elovic E, Hurley R, Latour L, Smirniotopoulos JG, Smith DH. Common data elements in radiologic imaging of traumatic brain injury. *J of MRI*. 2010;32(3):516–543. <https://doi.org/10.1002/jmri.22259>
21. Потапов А.А., Крылов В.В., Гаврилов А.Г., Кравчук А.Д., Лихтерман Л.Б., Петриков С.С., Талыпов А.Э., Захарова Н.Е., Ошоров А.В., Солодов А.А. Рекомендации по диагностике и лечению тяжелой черепно-мозговой травмы. Часть 1. Организация медицинской помощи и диагностика. *Вопросы нейрохирургии*. 2015;79(6):100–106. Potapov AA, Krylov VV, Gavrilo AG, Kravchuk AD, Likhtherman LB, Petrikov SS, Talyrov AE, Zakharova NE, Oshorov AV, Solodov AA. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. Part 1. Organization of neutrauma-care system and diagnosis. *Zh Vopr Neurokhir Im NN Burdenko*. 2015;79(6):100–106. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro2015796100-106>
22. Данилов Г.В., Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Гаврилов А.Г., Александрова Е.В., Ошоров А.В., Сычев А.А., Полупан А.А. Кровоток в стволе головного мозга у пациентов с черепно-мозговой травмой. *Журнал Вестник РФФИ*. 2016;90(2):33–41. Danilov GV, Zaharova NE, Potapov AA, Kornienko VN, Pronin IN, Gavrilo AG, Aleksandrova EV, Oshorov AV, Sychev AA, Polupan AA. Brainstem blood flow in patients with traumatic brain injury. *Russian Foundation for Basic Research Journal*. 2016;90(2):33–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.22204/2410-4639-2016-090-02-33-40>
23. Moen KG, Brezova V, Skandsen T, Håberg AK, Folvik M, Vik A. Traumatic axonal injury: the prognostic value of lesion load in corpus callosum, brain stem, and thalamus in different magnetic resonance imaging sequences. *J Neurotrauma*. 2014;31(17):1486–1496. <https://doi.org/doi:10.1089/neu.2013.3258>
24. Danilov G, Zakharova N, Potapov A, Kornienko V, Pronin I, Gavrilo AG, Alexandrova E, Oshorov A, Sychev A, Polupan A. Brain stem blood flow in patients with traumatic brain injury. 15th European congress of neurosurgery 2014. *Medimond International Proceedings*. 2015;225–233.
25. Потапов А.А., Захарова Н.Е., Пронин И.Н., Корниенко В.Н., Гаврилов А.Г., Кравчук А.Д., Ошоров А.В., Сычев А.А., Зайцев О., Фадеева Л.М., Такуш С.В. Прогностическое значение мониторинга внутричерепного и церебрального перфузионного давления, показателей регионарного кровотока при диффузных и очаговых повреждениях мозга. *Вопросы нейрохирургии*. 2011;75(3):3–16. Potapov AA, Zakharova NE, Pronin IN, Kornienko VN, Gavrilo AG, Kravchuk AD, Oshorov AV, Sychev AA, Zaytsev OS, Fadeeva LM, Takush SV. Prognostic value of ICP, CPP and regional blood flow monitoring in diffuse and focal traumatic brain lesions. *Zh Vopr Neurokhir Im NN. Burdenko*. 2011;75(3):3–16. (In Russ.).
26. Александрова Е.В., Зайцев О.С., Потапов А.А. Нейромедиаторные основы сознания и бессознательных состояний. *Вопросы нейрохирургии*. 2014;78(1):26–32. Aleksandrova EV, Zaitsev OS, Potapov AA. Neurotransmitter basis of consciousness and unconsciousness. *Zh Vopr Neurokhir Im NN. Burdenko*. 2014;78(1):26–32. (In Russ.).
27. Ошоров А.В., Данилов Г.В., Захарова Н.Е., Потапов А.А. *Внутричерепное давление, ауторегуляция и картирование мозгового кровотока при тяжелой травме мозга*. М.: АЛИНА, 2018. Oshorov AV, Danilov GV, Zakharova NE, Potapov AA. *Intracranial pressure, autoregulation and blood flow mapping in severe brain trauma*. М.: ALINA, 2018. (In Russ.).
28. Dambinova S, Maroon J, Sufirinko A, Mullins J, Alexandrova E, Potapov A. Functional, structural, and neurotoxicity biomarkers in integrative assessment of concussions. *Front Neurol*. 2016;7:172. <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00172>
29. Potapov AA, Alexandrova EV, Dambinova SA, Zakharova NE, Danilov GV. Predictors for prognosis and recovery from unconsciousness due to brain trauma. Chapter II. Acute brain impairment: scientific discoveries and translational research. Editors: Peplow PV, Dambinova SA, Gennarelli TA, Martinez B. *Royal Society of Chemistry, Royal Society of Chemistry (United Kingdom)*. 2017;176–197.

30. Александрова Е.В., Баталов А.И., Погосбекян Э.Л., Захарова Н.Е., Фадеева Л.М., Кравчук А.Д., Пронин И.Н., Потапов А.А. Новые возможности магнитно-резонансной томографии: алгоритм CSD-HARDI трактографии в построении волокон ретикулярной формации ствола. *Вопросы нейрохирургии*. 2018;82(1):5-12. Aleksandrova EV, Batalov AI, Pogobekyan EL, Zaharova NE, Fadeeva LM, Kravchuk AD, Pronin IN, Potapov AA. New opportunities of magnetic-resonance imaging: an algorithm of CSD-HARDI tractography in reconstruction of the brainstem reticular formation fibers. *Zh Vopr Neurokhir Im NN. Burdenko*. 2018;82(1):5-12. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/ofalma201813415-12>
31. Abu Hamdeh S, Marklund N, Lannsjö M, Howells T, Raininko R, Wikström J, Enblad P. Extended anatomical grading in diffuse axonal injury using MRI: hemorrhagic lesions in the substantia nigra and mesencephalic tegmentum indicate poor long-term outcome. *J Neurotrauma*. 2017;34(2):341-352. <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4426>
32. Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Фадеева Л.М., Гаврилов А.Г., Ошоров А.В., Горшков К.М., Такуш С.В. Оценка состояния проводящих путей головного мозга при диффузных аксональных повреждениях с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии. *Вопросы нейрохирургии*. 2010;2:3-9. Zakharova NE, Potapov AA, Kornienko VN, Pronin IN, Fadeeva LM, Gavrillov AG, Oshorov AV, Gorshkov KM, Takush SV. Assessment of brain pathways in diffuse axonal injury using diffusion-tensor MRI. *Zh Vopr Neurokhir Im NN. Burdenko*. 2010;2:3-9. (In Russ.).
33. Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Зайцев О.С., Гаврилов А.Г., Фадеева Л.М., Ошоров А.В., Сычев А.А., Такуш С.В. Динамические исследования структуры мозолистого тела и кортикоспинальных трактов с помощью диффузионно-тензорной МРТ при диффузных аксональных повреждениях. *Вопросы нейрохирургии*. 2010;3:3-9. Zakharova NE, Potapov AA, Kornienko VN, Pronin IN, Zaytsev OS, Gavrillov AG, Fadeeva LM, Oshorov AV, Sychev AA, Takush SV. Dynamic assessment of corpus callosum and corticospinal tracts structure using diffusion-tensor MRI in diffuse axonal injury. *Zh Vopr Neurokhir Im NN. Burdenko*. 2010;3:3-9. (In Russ.).

Поступила 19.02.19
Received 19.02.19

Комментарий

В статье представлены результаты исследования прогностической значимости МРТ-классификации локализации и уровня травматического повреждения мозга для определения тяжести поражения мозга и прогнозирования исходов у пациентов в остром периоде ЧМТ.

Актуальность проблемы не вызывает сомнений. Клиническая оценка тяжести повреждения, а также прогноз ЧМТ нередко затруднены из-за наличия многих факторов, влияющих на состояние пациента в остром периоде травмы. Нейровизуализация с помощью МРТ структурных и гемодинамических нарушений головного мозга является важным диагностическим методом оценки тяжести повреждения и исхода. Данные КТ не всегда соответствуют неврологическому состоянию пациента. Это связано с трудностями диагностики повреждения стволовых структур, недостаточностью КТ-диагностики диффузных повреждений мозга.

МРТ-классификация локализации и уровня повреждения мозга, предложенная авторами, доказывает свою состоятельность и весьма высокий уровень корреляций с оценкой тяжести ЧМТ в остром периоде по ШКГ и исходами по ШИГ через 6 мес после травмы. Ценность этого исследования особенно важна для определения тяжести первичного повреждения головного мозга и оценки прогноза в сложных для клинической оценки состояниях. К таким сложным и часто встречающимся факторам относится оценка тяжести на фоне глубокой седации, при тя-

желых сочетанных повреждениях и при сопутствующих вторичных нарушениях, в том числе нарушениях системной гемодинамики, гипоксии, септических состояниях, которые значительно затрудняют оценку первичного повреждения мозга.

Авторами на высоком методологическом уровне выполнен анализ состояния 278 пациентов с ЧМТ, которым проводили МРТ-исследования в течение первых 3 нед после травмы.

Указывается, что в ранее опубликованных работах ряда авторов сроки исследований пациентов с ЧМТ варьировали от нескольких дней до нескольких недель, что, несомненно, влияет на результаты анализа. Широкий диапазон сроков обследования пациентов после травмы может быть методологической погрешностью. Однако для большей убедительности хотелось бы видеть анализ причин такой зависимости, подтверждающий данный вывод. Возможно, следовало бы показать в группах пациентов, обследованных в сроки 8—14 и 15—21 дней, увеличение частоты вторичных повреждающих факторов поражения мозга, септических осложнений, гипоксии и нарушений системной гемодинамики.

Применение предложенной авторами классификации в клинической практике позволит улучшить клиническое понимание тяжести, уровня повреждения головного мозга и прогноза исхода практикующими врачами, а следовательно, улучшить качество лечения пациентов с ЧМТ.

О.С. Исхаков (Москва)