



Диагностика и прогнозирование внутричерепной гипертензии по данным первичной компьютерной томографии у пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой

А. В. ОШОРОВ, К. Р. МУРАДЯН, А. М. ТУРКИН, Д. М. ЧЁЛУШКИН, Я. А. ЛАТЫШЕВ, Е. В. АЛЕКСАНДРОВА, Ю. В. СТРУНИНА, Г. В. ДАНИЛОВ, И. А. САВИН, А. Д. КРАВЧУК

Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени Н. Н. Бурденко, Москва, РФ

РЕЗЮМЕ

Цель – сравнить диаметр зрительного нерва с оболочками по данным компьютерной томографии (ДЗНО-КТ) со степенью компрессии мезенцефальных цистерн и смещением срединной линии при диагностике и прогнозировании внутричерепной гипертензии (ВЧГ) в первые 3 суток с момента травмы.

Материалы и методы. Обследовали 90 пострадавших с ЧМТ, средний возраст $34,2 \pm 13$ лет, ШКГ менее 9 баллов. Всем проводили инвазивный мониторинг внутричерепного давления (ВЧД). На момент установки датчика ВЧД ВЧГ диагностирована у 11 (12%) пострадавших, в дальнейшем течение первых 3 суток развитие ВЧГ регистрировали у 58 (64%) пострадавших. Всем пациентам выполняли КТ головы на момент госпитализации. При КТ-исследовании компрессия мезенцефальных цистерн была у 57 (63%) и смещение срединной линии – у 34 (38%) пострадавших, среднее значение ДЗНО – $7,26 \pm 0,9$ мм, максимальное ДЗНО – $7,34 \pm 0,9$. Использовали корреляционный анализ, логистическую регрессию и ROC-анализ.

Результаты. Степень компрессии мезенцефальных цистерн, среднее и максимальное ДЗНО коррелировали со значением ВЧД, измеренном на момент постановки датчика и за первые 72 часа мониторинга ($p < 0,05$). Смещение срединной линии не коррелировало со значением ВЧД, измеренном на момент постановки датчика и за первые 72 часа мониторинга ($p > 0,05$). При диагностике ВЧД > 20 мм рт. ст. на момент имплантации датчика – среднее ДЗНО, AUC $0,902 \pm 0,046$ (0,812; 0,991), cut-off 7,8 мм с чувствительностью и специфичностью 82 и 80% соответственно. При прогнозировании ВЧД > 20 мм рт. ст. в первые 72 часа – максимальное ДЗНО, AUC $0,815 \pm 0,047$ (0,724; 0,907), cut-off 7,1 мм с чувствительностью и специфичностью 85 и 66% соответственно.

Выводы. Параметр ДЗНО-КТ является самостоятельным диагностическим и прогностическим критерием ВЧГ в первые 3 суток у пострадавших с тяжелой ЧМТ. Среднее значение ДЗНО-КТ можно использовать для диагностики ВЧГ наряду с такими признаками ВЧГ, как степень компрессии мезенцефальных цистерн и смещение срединной линии, для принятия решения об инвазивном мониторинге ВЧД. Максимальное значение ДЗНО-КТ можно использовать для оценки вероятности ВЧГ в первые 3 суток после ЧМТ.

Ключевые слова: диаметр зрительного нерва с оболочками (ДЗНО), отек мозга, внутричерепная гипертензия, ВЧД, мониторинг ВЧД, диагностика внутричерепной гипертензии, прогнозирование внутричерепной гипертензии

Для цитирования: Ошоров А. В., Мурадян К. Р., Туркин А. М., Чёлушкин Д. М., Латышев Я. А., Александрова Е. В., Струнина Ю. В., Данилов Г. В., Савин И. А., Кравчук А. Д. Диагностика и прогнозирование внутричерепной гипертензии по данным первичной компьютерной томографии у пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2023. – Т. 20, № 5. – С. 40–47. DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-5-40-47.

Diagnostics and prediction of intracranial hypertension on primary computed tomography in patients with severe traumatic brain injury

A. V. OSHOROV, K. R. MURADYAN, A. M. TURKIN, D. M. CHELUSHKIN, Ya. A. LATYSHEV, E. V. ALEXANDROVA, Yu. V. STRUNINA, G. V. DANILOV, I. A. SAVIN, A. D. KRAVCHUK

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russia

ABSTRACT

The objective was to compare the optic nerve sheath diameter measured by CT (ONSD-CT) with the level of compression of the mesencephalic cisterns and the midline shift in the diagnosis and prediction of intracranial hypertension (ICH) during the first 3 days after brain injury.

Materials and methods. We examined 90 patients with TBI, the average age was 34.2 ± 13 years, GCS < 9 . All patients had invasive ICP monitoring. At the time of implantation of the ICP sensor, intracranial hypertension (ICH) was in 11 (12%) patients; later, during the first 3 days, the development of ICH was in 58 (64%) patients. All patients underwent computed tomography of the head at the time of hospitalization: mesencephalic cisternae was compressed in 57 (63%) and midline shift was observed in 34 (38%) patients, mean value of ONSD-CT was 7.26 ± 0.9 mm, maximum value of ONSD-CT was 7.34 ± 0.9 . We used correlation analysis, logistic regression and ROC-analysis.

Results. The level of mesencephalic cisternae compression, mean and maximum value of ONSD-CT correlated with the ICP value measured at the time of ICP sensor implantation and during the first 72 hours after brain injury ($p < 0.05$). Midline shift did not correlate with ICP value measured at the time of sensor implantation and during the first 72 hours after brain injury ($p > 0.05$). In the diagnosis of ICP > 20 mm Hg at the time of implantation of the sensor – the average ONSD-CT, AUC 0.902 ± 0.046 (0.812; 0.991), cut-off 7.8 mm with sensitivity and specificity of 82 and 80%, respectively. When predicting ICP > 20 mm Hg in the first 72 hours - the maximum ONSD-CT, AUC 0.815 ± 0.047 (0.724; 0.907), cut-off 7.1 mm with sensitivity and specificity of 85 and 66%, respectively.

Conclusions. The ONSD-CT parameter is an independent diagnostic and prognostic criterion of ICH in the first 3 days in patients with severe TBI. The mean ONSD-CT can be used to diagnose ICH along with such signs of ICP as level of mesencephalic cisterna compression and midline shift and to make a decision on invasive ICP monitoring. The maximum value of ONSD-CT can be used to assess the probability of ICH in the first three days after TBI.

Key words: optic nerve sheaths diameter (ONSD), cerebral edema, intracranial hypertension, ICP, ICP monitoring, diagnosis of intracranial hypertension, prediction of intracranial hypertension

For citation: Oshorov A. V., Muradyan K. R., Turkin A. M., Chelushkin D. M., Latyshev Ya. A., Alexandrova E. V., Strunina Yu. V., Danilov G. V., Savin I. A., Kravchuk A. D. Diagnostics and prediction of intracranial hypertension on primary computed tomography in patients with severe traumatic brain injury. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2023, Vol. 20, № 5, P. 40–47. (In Russ.) DOI: 10.24884/2078-5658-2023-20-5-40-47.

Для корреспонденции:
 Андрей Васильевич Ошоров
 E-mail: agvan2@gmail.com

Correspondence:
 Andrey V. Oshorov
 E-mail: agvan2@gmail.com

Введение

Внутричерепная гипертензия (ВЧГ) у пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой (ЧМТ) остается частым и тяжелым осложнением, как правило, определяющим дальнейшее развитие и исход заболевания [1, 2, 10, 14]. Формирование и разрешение ВЧГ имеет определенные временные рамки: так, пик внутричерепной гипертензии при травматическом повреждении мозга, как правило, приходится на первые 3 суток с момента травмы, а продолжительность гипертензии может составить 7–10 суток [13].

Своевременная диагностика повышенного внутричерепного давления (ВЧД) и направленная на коррекцию ВЧД терапия обеспечивают снижение летальности и улучшение исходов заболевания при различных вариантах острого церебрального повреждения [4, 11].

Золотым стандартом измерения внутричерепного давления на сегодняшний день является инвазивный мониторинг с установкой вентрикулярного дренажа или паренхиматозного датчика ВЧД [1, 2, 4]. Однако, являясь инвазивным методом, подобный мониторинг сопряжен с развитием геморрагических и инфекционных осложнений [16].

Высокая стоимость паренхиматозных датчиков ВЧД, необходимость нейрохирургического вмешательства (имплантация датчика, вентрикулостомия) и риск упомянутых осложнений ограничивают широкое использование инвазивного мониторинга ВЧД среди пострадавших с тяжелой ЧМТ. Поэтому разработка и внедрение новых неинвазивных методов диагностики и прогнозирования ВЧГ остается актуальной проблемой [7, 15].

Из перспективных и доступных неинвазивных методов диагностики и прогнозирования внутричерепной гипертензии широко обсуждается оценка диаметра зрительного нерва с оболочками по данным компьютерной томографии (ДЗНО-КТ) как рентгенологический маркер ВЧГ [3, 12]. В нашем исследовании мы оценили возможность диагностики и прогнозирования ВЧГ с помощью параметра ДЗНО-КТ у пациентов в остром периоде тяжелой ЧМТ (первые 72 часа).

Цель исследования – сравнить параметр ДЗНО-КТ со степенью компрессии мезенцефальных цистерн и смещением срединной линии при диагностике и прогнозировании ВЧГ в первые 3 суток с момента травмы.

Материалы и методы

Критериями включения в анализируемую ретроспективную группу были: диагноз на момент госпитализации в центр нейрохирургии: «Острая ЧМТ», возраст старше 16 лет, оценка по шкале комы Глазго

менее 9 баллов, наличие данных КТ головного мозга, выполненной в момент госпитализации с шагом 1,25 мм, а также наличие мониторинга ВЧД в первые 3 суток с момента госпитализации в ОРИТ.

Согласно представленным критериям в обследование были включены 90 пострадавших с острой тяжелой ЧМТ. Характеристика пострадавших представлена в табл. 1.

Всем пациентам выполняли КТ при госпитализации в институт (ОРИТ) при помощи CereTom, Neurologica. Анализировали только данные первого КТ-исследования с момента госпитализации в ОРИТ, оценивали величину компрессии мезенцефальных (базальных) цистерн качественно (да/нет) и количественно по степени компрессии: 0 – нет компрессии; 1 – умеренное сужение; 2 – асимметричная деформация; 3 – грубое сужение и/или деформация; 4 – не визуализируется. Величину латерального смещения срединной линии оценивали качественно (да/нет) и количественно (мм).

Оценивали параметры диаметра зрительного нерва с оболочками (ДЗНО-КТ) на расстоянии 3 мм от дорзального контура глазного яблока. Для анализа использовали усредненное значение диаметра зрительного нерва с оболочками с 2 сторон у каждого пострадавшего (ДЗНО_Ср) и максимальное значение одной из сторон (ДЗНО_Макс).

Проводили регистрацию ВЧД на момент имплантации датчика (ВЧД_1), среднее ВЧД за первые 72 часа мониторинга (ВЧД_72). Значение параметра ВЧД_1 определяли в момент имплантации датчика ВЧД при подтвержденной пульсовой волне. Факт развития ВЧГ оценивали при ВЧД свыше 20 мм рт. ст. Мониторинг ВЧД проводили паренхиматозным датчиком (Codman & Shurtlett, MA, USA), длительность мониторинга составила $7 \pm 1,7$ суток.

Проводили оценку качества прогноза внутричерепной гипертензии на момент установки датчика ВЧД и в первые 72 часа после установки датчика ВЧД с помощью модели логистической регрессии.

В каждом эксперименте использовали 1 из 4 предикторов: ДЗНО_Макс, ДЗНО_Ср, величина смещения срединной линии и степень компрессии мезенцефальных (базальных) цистерн. Всего протестировано 8 моделей. Обучение модели проводили на 60% исходной выборки, тестирование – на 40%. Разделение на обучающую и тестовую выборку в эксперименте выполняли случайным образом. Для каждой модели эксперимент повторяли 300 раз. Результаты оценки качества обученных моделей в тестах усредняли по 300 значениям для уменьшения ошибки.

Результаты

Для оценки зависимости между данными КТ, включая величину ДЗНО-КТ и параметры

Таблица 1. Характеристика пострадавших с ЧМТ**Table 1. Characteristics of patients with TBI**

Характеристика пострадавших	Значение: среднее \pm стандартное отклонение или количество (%)
Возраст (лет)	34,2 \pm 13
Мужчин, женщин	69 (77%), 21 (23%)
ШКГ (баллы)	6,2 \pm 1,9
Вид повреждения: диффузное аксональное повреждение (ДАП) очаговое (контузионный очаги) гематомы (суб- и эпидуральная)	20 (22%) 37 (41%) 33 (37%)
Нейрохирургические операции: нейрохирургические операции (все) декомпрессионная краниэктомия	62 (69%) 28 (31%)
Компьютерная томография: компрессия базальных цистерн смещение срединной линии	57 (63%) 34 (38%)
Параметры ДЗНО-КТ (мм): ДЗНО_Ср ДЗНО_Макс	7,26+/-0,9 7,34+/-0,9
Параметры ВЧД (мм рт. ст.): ВЧД_1* (установка датчика ВЧД) ВЧД_72* часа	13+/-8,3 18,5+/-9
Внутричерепная гипертензия (количество пострадавших и %): ВЧГ_1** ВЧГ_72**	11 (12%) 58 (64%)
ШИГ (6 месяцев): 1 балл 2 балла 3 балла 4 балла 5 баллов	11 (12%) 2 (2%) 36 (40%) 30 (33%) 11 (12%)

Примечание: ВЧД_1* – значение ВЧД на момент имплантации паренхиматозного датчика ВЧД; ВЧД_72* часа – среднее значение ВЧД за первые 72 часа мониторинга; ВЧГ_1** – факт внутричерепной гипертензии (ВЧД выше 20 мм рт.ст.) на момент имплантации паренхиматозного датчика ВЧД; ВЧГ_72** часа – факт развития ВЧГ в первые 72 часа.

Таблица 2. Коэффициент корреляции между параметрами КТ и ВЧД**Table 2. Correlation coefficient between CT and ICP parameters**

Данные КТ	Параметры ВЧД	
	ВЧД_1	ВЧД_72 часа
Смещение срединной линии (мм)	0,02	0,01
Степень компрессии мезенцефальных цистерн (0–4 степень)	0,35*	0,22*
ДЗНО_Ср	0,47*	0,33*
ДЗНО_Макс	0,48*	0,34*

Примечание: * – $p < 0,05$; ВЧД_1 – значение ВЧД на момент имплантации паренхиматозного датчика ВЧД; ВЧД_72 часа – среднее значение ВЧД за первые 72 часа мониторинга. ДЗНО_Ср – усредненное значение с 2 сторон у каждого пострадавшего; ДЗНО_Макс – максимальное значение диаметра зрительного нерва с оболочками одной из сторон.

Таблица 3. Сравнение групп пострадавших с ЧМТ по факту диагностики внутричерепной гипертензии на момент имплантации датчика ВЧД**Table 3. Comparison of groups of patients with TBI based on the diagnosis of intracranial hypertension at the time of ICP sensor implantation**

Характеристика/ параметр	Группа без ВЧГ_1 N = 79 (88%)	Группа с ВЧГ_1 N = 11(12%)	p
Возраст, лет	32 [24; 44]	36 [25; 40]	$p > 0,05$
Пол мужской, %	60 (76%)	9 (82%)	$p > 0,05$
ШКГ	6 [5; 7]	4 [4; 6]	$p < 0,01^*$
ВЧД_1, мм рт. ст.	11 [8; 15]	26 [21; 32]	$p < 0,01^*$
Смещение срединной линии	30 (38%)	5 (45%)	$p > 0,05$
Компрессия мезенцефальных цистерн	48 (61%)	10 (91%)	$p = 0,05$
ДЗНО_Ср, мм	7,3 [6,5; 7,7]	8,5 [8; 9]	$p < 0,01^*$
ДЗНО_Макс, мм	7,3 [6,7; 7,9]	8,5 [8; 9]	$p < 0,01^*$

* – статистическая значимость различий $p < 0,05$.

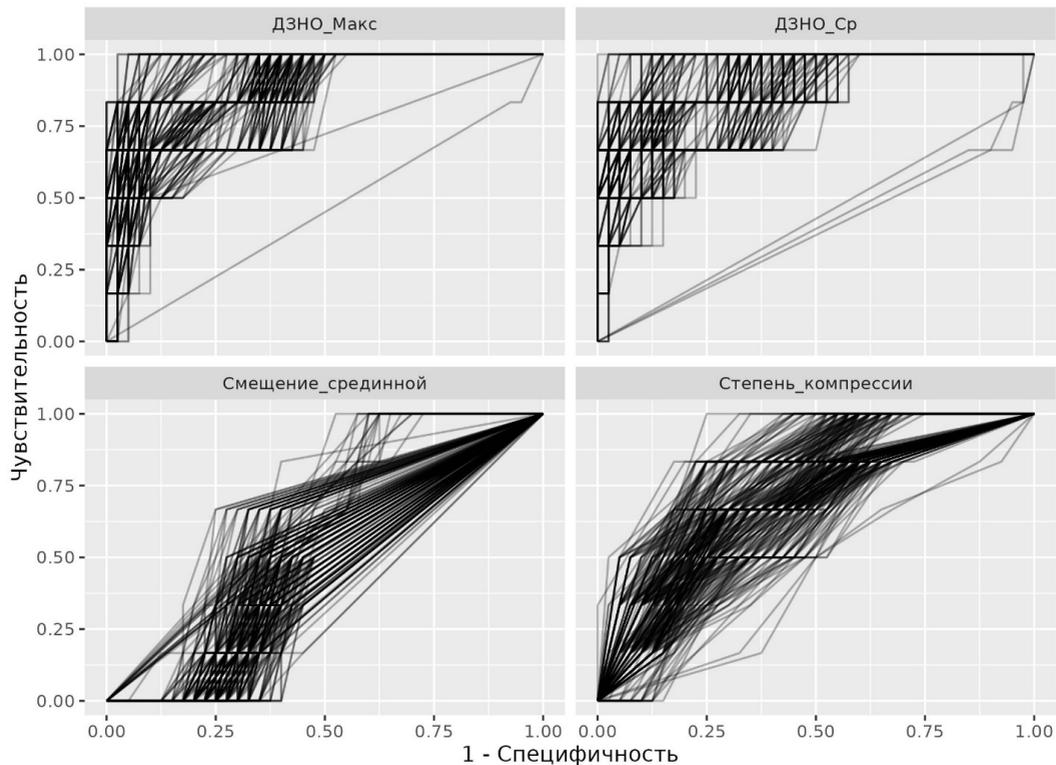


Рис. 1. Сравнение ROC-кривых предикторов диагностики внутричерепной гипертензии на момент имплантации датчика ВЧД (ВЧГ_1)

Fig. 1. Comparison of ROC-curves of predictors for the diagnosis of intracranial hypertension at the time of ICP sensor implantation (ICH_1)

мониторинга ВЧД, провели корреляционный анализ (табл. 2).

Значимая корреляционная зависимость была выявлена между ВЧД_1, ВЧД_72 и степенью компрессии мезенцефальных цистерн, ДЗНО_Ср., ДЗНО_Макс ($p < 0,05$). Смещение срединной линии не коррелировало со значением ВЧД, измеренным на момент постановки датчика и за первые 72 часа мониторинга ($p > 0,05$).

Степень компрессии мезенцефальных цистерн значимо коррелировала с величиной смещения срединной линии $R = 0,47$ ($p < 0,05$). Не было корреляционной связи между КТ-признаками (смещение срединной линии и степень компрессии мезенцефальных цистерн) и ДЗНО-КТ ($p > 0,05$).

Внутричерепное давление свыше 20 мм рт. ст. на момент начала мониторинга (ВЧД_1) регистрировали у 11 (12%) пострадавших. Дальнейшее повышение ВЧД за первые 72 часа мониторинга (ВЧД_72 часа) регистрировали у 58 (64%) пострадавших.

Для анализа группы с подтвержденной внутричерепной гипертензией на момент имплантации датчика ВЧД провели ее сравнение с группой пациентов без внутричерепной гипертензии (табл. 3).

Группа с подтвержденной ВЧГ (см. табл. 3) на момент начала мониторинга ВЧД характеризовалась низкими значениями по ШКТ, более высокой частотой компрессии базальных цистерн и достоверно большим значением ДЗНО-КТ. Сравнимые группы не отличались по величине смещения срединной линии на КТ.

Дополнительно проводили эксперимент по сравнению оценки качества прогноза внутричерепной гипертензии на момент имплантации датчика ВЧД и первые 72 часа мониторинга ВЧД с помощью модели логистической регрессии. ROC-кривые по результатам эксперимента, наложенные на 1 график, изображены на рис. 1, 2.

На рис. 1, 2 видно, что ROC-кривые для моделей, прогнозирующих ВЧГ_1 и ВЧГ_72 по данным ДЗНО, располагаются выше, а площадь под данными ROC-кривыми – больше, чем для других предикторов. Это, вероятно, говорит о лучших прогностических свойствах ДЗНО по сравнению со стандартными предикторами, такими как смещение срединной линии и степень компрессии базальных цистерн.

По результатам проведенного ROC-анализа для диагностики внутричерепной гипертензии на момент имплантации датчика ВЧД (ВЧГ_1) лучше себя показал параметр ДЗНО_Ср за счет большего значения AUC – $0,902 \pm 0,046$ (0,812; 0,991). Пороговое значение ДЗНО_Ср для диагностики ВЧГ_1 составило 7,8 мм с чувствительностью и специфичностью 82 и 80% соответственно. Для прогнозирования внутричерепной гипертензии в первые 72 часа (ВЧГ_72) лучше себя зарекомендовал параметр ДЗНО_Макс за счет большего значения AUC – $0,815 \pm 0,047$ (0,724; 0,907). Пороговое значение ДЗНО_Макс для прогнозирования внутричерепной гипертензии в первые 72 часа составляет 7,1 мм с чувствительностью и специфичностью 85 и 66% соответственно (табл. 4).

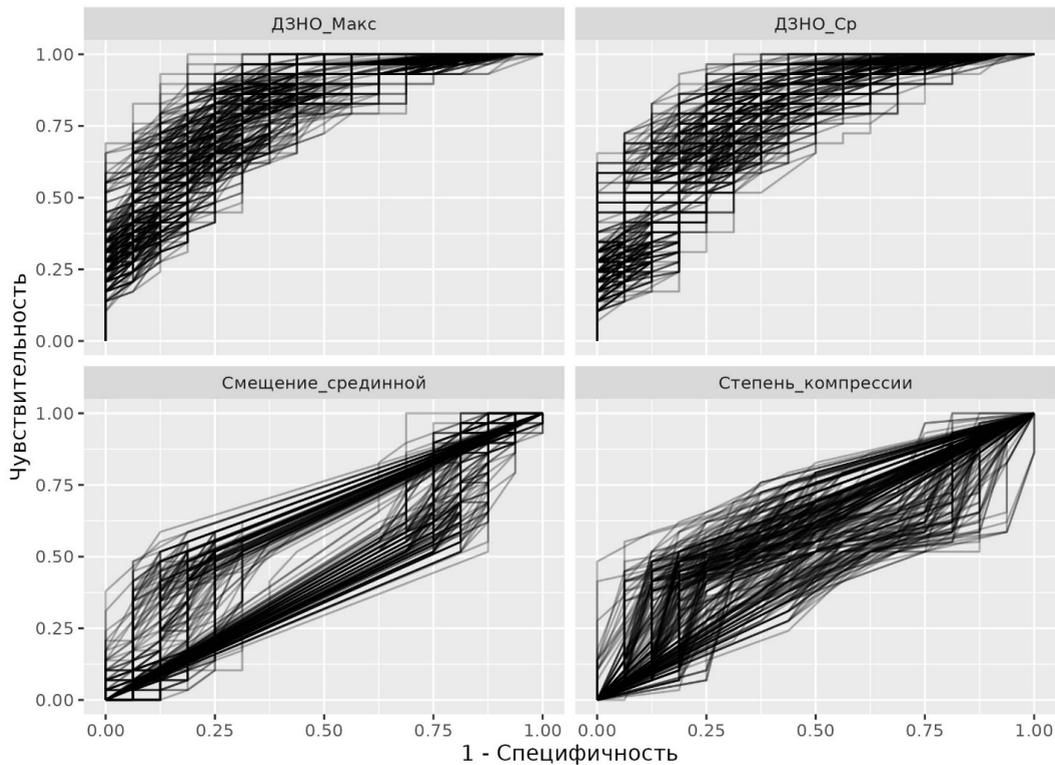


Рис. 2. Сравнение ROC-кривых предикторов развития внутричерепной гипертензии в первые 72 часа (ВЧГ₇₂)

Fig. 2. Comparison of ROC-curves predicting the development of intracranial hypertension in the first 72 hours (ICH₇₂)

Таблица 4. Модели диагностики и прогнозирования внутричерепной гипертензии на момент имплантации датчика ВЧД и в первые 72 часа

Table 4. Models for diagnosing and predicting intracranial hypertension at the time of implantation of the ICP sensor and in the first 72 hours

Модели прогнозирования ВЧГ		Чувствительность	Специфичность	AUC
ВЧГ_1 и ВЧГ_72	Параметры КТ			
ВЧГ_1: Внутричерепная гипертензия на момент имплантации датчика ВЧД	ДЗНО_Макс.	0,891	0,836	0,890
	ДЗНО_Ср.	0,824	0,795	0,902
	Степень компрессии цистерн	0,698	0,611	0,596
	Смещение срединной линии	0,778	0,489	0,572
ВЧГ_72: Внутричерепная гипертензия в первые 72 часа	ДЗНО_Макс.	0,851	0,663	0,815*
	ДЗНО_Ср.	0,802	0,749	0,802
	Степень компрессии цистерн	0,462	0,762	0,562
	Смещение срединной линии	0,477	0,749	0,570

* – максимальное значение площади под кривой (AUC).

Обсуждение

Компьютерная томография является ключевым методом диагностики у пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой, который позволяет выявлять травматическое повреждение костных структур свода и основания черепа, лицевого скелета, наличие интракраниальных кровоизлияний, гидроцефалии, дислокационных нарушений, отека мозга. Это позволяет своевременно оказывать нейрохирургическую помощь, а также определять показания для инвазивного измерения ВЧД [2, 5, 9, 10, 13, 14].

Как известно, развитие отека мозга сопряжено с риском внутричерепной гипертензии [1–2, 4, 10–11,

13–14]. Наиболее валидными признаками ВЧГ по данным КТ являются степень компрессии мезенцефальных цистерн и смещение срединной линии [6, 8, 14, 18]. Диаметр оболочки зрительного нерва – один из относительно новых параметров лучевой диагностики, который широко используется для выявления или подтверждения внутричерепной гипертензии при ультразвуковом, КТ- и МРТ-исследованиях [3, 12, 17].

При ультразвуковом и МРТ-исследовании возможно провести дифференцировку структур зрительного нерва и ее оболочки. При КТ-исследовании дифференцировка указанных структур затруднена, поэтому проводят измерение диаметра зрительного

нерва с оболочками (ДЗНО-КТ) [3, 11–12, 15, 17]. Данный параметр также коррелирует с ВЧД, измеряемым в момент проведения исследования [3, 12].

В нашем исследовании удалось показать, что ДЗНО-КТ коррелирует с ВЧД, оцениваемым непосредственно после проведенного КТ-исследования. Так, в нашей работе КТ головы выполняли в момент поступления пациентов в ОРИТ на аппарате Seretom, который располагается в ОРИТ. На основании комплексной клиничко-неврологической оценки и сразу же после выполнения КТ в течение 15–20 мин проводили имплантацию датчика ВЧД.

По результатам работы выявлено, что ДЗНО-КТ статистически значимо коррелирует со значением ВЧД_1 и со значением ВЧД_72 часа, причем расчетные коэффициенты корреляции превосходят корреляционный коэффициент между параметрами ВЧД и степенью компрессии мезенцефальных цистерн. Не было отмечено корреляционной зависимости между параметрами ВЧД и смещением срединных структур, что может свидетельствовать о низком диагностическом потенциале данного показателя в диагностике и прогнозировании ВЧГ.

Так как наша работа представляет ретроспективный анализ данных, мы допускаем, что при оценке ВЧД_1 могли быть «наведенные изменения» параметра ВЧД, когда дежурный врач принимал решение о незамедлительной коррекции высоких значений ВЧД в соответствии с клиническим протоколом лечения. Также допускаем, что у части пациентов могла проводиться профилактическая коррекция ВЧГ на основании клинической картины и данных КТ: гипервентиляция, гиперосмолярные растворы, дополнительная седативная терапия. Интересный факт, подтверждающий гипотезу «искусственного» снижения доли пациентов с ранней внутричерепной гипертензией в том, что в последующие 72 часа мониторинга развитие внутричерепной гипертензии было зарегистрировано уже у 64% пострадавших, несмотря на уже проводимую ВЧД-ориентированную терапию. Поэтому относительно небольшая доля пациентов с подтвержденным диагнозом ВЧГ на момент имплантации датчика ВЧД (12%) может быть объяснена вышеизложенными причинами. Данная группа с ранней подтвержденной ВЧГ имела статистически значимо более низкие значения по ШКГ, высокие значения ВЧД, большее значение ДЗНО-КТ и степень компрессии мезенцефальных цистерн (см. табл. 3).

При использовании ДЗНО-КТ в качестве классификатора диагностики внутричерепной гипертензии получено значение cut-off для ДЗНО_Ср. 7,8 мм с чувствительностью и специфичностью 82 и 80% соответственно. Однако для прогнозирования ВЧГ в первые 72 часа лучше себя зарекомендовал

параметр ДЗНО_Макс со значением cut-off 7,1 мм с чувствительностью и специфичностью 85 и 66% соответственно. Более высокие значения cut-off для ранней диагностики внутричерепной гипертензии могут объясняться небольшой долей пациентов (12%) с подтвержденной гипертензией на момент имплантации датчика, а также «искусственным» воздействием на ВЧД со стороны медицинского персонала (гипервентиляция и гиперосмолярные растворы). Можно предположить, что при увеличении доли пациентов с ранней внутричерепной гипертензией мы бы с большей вероятностью получили более низкие значения cut-off.

В работе мы использовали 2 значения ДЗНО-КТ: первое представляло среднее значение между правой и левой стороной у каждого пациента, а второе значение представляло большее (максимальное) значение ДЗНО-КТ при наличии асимметрии между правой и левой стороной. Среднее значение облегчало дальнейшую статистическую обработку данных, а максимальное значение ДЗНО-КТ позволяло учитывать наличие среди пострадавших группы с преимущественным фокальным повреждением мозга и латеральным смещением срединных структур. Дальнейший анализ показал, что для диагностики ранней ВЧГ лучше себя зарекомендовало среднее ДЗНО-КТ, а для прогнозирования ВЧГ – максимальное значение ДЗНО-КТ.

При сравнении возможности диагностики и прогнозирования ВЧГ показатели ДЗНО-КТ превосходят такие признаки, как степень компрессии мезенцефальных цистерн и смещение срединной линии, что было показано с помощью ROC-анализа. Отсутствие корреляционной связи между перечисленными КТ признаками ВЧГ и ДЗНО-КТ позволяет утверждать, что последний критерий является независимым и может использоваться самостоятельно как для диагностики ВЧГ, так и для ее прогнозирования.

Выводы

1. Параметр ДЗНО-КТ является самостоятельным диагностическим и прогностическим критерием ВЧГ в первые 3 суток у пострадавших с тяжелой ЧМТ.
2. Среднее значение ДЗНО_КТ можно использовать для диагностики (вероятности развития) ВЧГ наряду с такими признаками ВЧГ, как степень компрессии мезенцефальных цистерн и смещение срединной линии, для принятия решения об инвазивном мониторинге ВЧД.
3. Максимальное значение ДЗНО-КТ можно использовать для оценки вероятности ВЧГ в первые 3 суток после ЧМТ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Полуван А. А., Бирг Т. М., Ошоров А. В., Латышев Я. А., Пашин А. А., Савин И. А. Изменение внутричерепного давления при проведении продленной заместительной почечной терапии в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмой // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2023. – Т. 20, № 2. – С. 36–43. Doi: 10.24884/2078-5658-2022-20-2-36-43.
2. Потапов А. А., Крылов В. В., Гаврилов А. Г., Кравчук А. Д., Лихтерман Л. Б. и др. Рекомендации по диагностике и лечению тяжелой черепно-мозговой травмы. Часть 2. Интенсивная терапия и нейромониторинг // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. – 2016. – Т. 80, № 1. – С. 98–106. Doi: 10.17116/neiro201680198-106.
3. Туркин А. М., Ошоров А. В., Погосбекян Э. Л., Смирнов А. С., Дмитриева А. С. Корреляция внутричерепного давления и диаметра оболочки зрительного нерва по данным компьютерной томографии при тяжелой черепно-мозговой травме // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. – 2017. – Т. 81, № 6. – С. 81–88. Doi: 10.17116/neiro201781681-88.
4. Carney N., Totten A. M., O'Reilly C. et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, Fourth Edition // *Neurosurgery*. – 2016. – Vol. 80, № 1. – P. 6–15. Doi: 10.1227/NEU.0000000000001432.
5. Chen W., Belle A., Cockrell C. et al. Automated midline shift and intracranial pressure estimation based on brain CT images // *J. Vis Exp*. – 2013. – Vol. 13, № 74. – P. 3871. Doi: 10.3791/3871.
6. Chesnut R. M., Temkin N., Carney N. et al. Global Neurotrauma Research Group. A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury // *N Engl J Med*. – 2012. – Vol. 367, № 26. – P. 2471–2481. Doi: 10.1056/NEJMoa1207363.
7. Clossen M. C., Huijben J. A., van der Jagt M. et al. CENTER-TBI investigators. Variation in monitoring and treatment policies for intracranial hypertension in traumatic brain injury: a survey in 66 neurotrauma centers participating in the CENTER-TBI study // *Crit Care*. – 2017. – Vol. 21, № 1. – P. 233. Doi: 10.1186/s13054-017-1816-9.
8. Kouvarellis A. J., Rohlwink U. K., Sood V. et al. The relationship between basal cisterns on CT and time-linked intracranial pressure in paediatric head injury // *Childs Nerv Syst*. – 2011. – Vol. 27, № 7. – P. 1139–1144. Doi: 10.1007/s00381-011-1464-3.
9. Lietke S., Zausinger S., Patzig M. et al. CT-Based classification of acute cerebral edema: association with intracranial pressure and outcome // *J. Neuroimaging*. – 2020. – Vol. 30, № 5. – P. 640–647. Doi: 10.1111/jon.12736.
10. Miller J. D., Becker D. P., Ward J. D. et al. Significance of intracranial hypertension in severe head injury // *J Neurosurg*. – 1977. – Vol. 47, № 4. – P. 503–516. Doi: 10.3171/jns.1977.47.4.0503.
11. Robba C., Graziano F., Rebora P. et al. SYNAPSE-ICU Investigators. Intracranial pressure monitoring in patients with acute brain injury in the intensive care unit (SYNAPSE-ICU): an international, prospective observational cohort study // *Lancet Neurol*. – 2021. – Vol. 20, № 7. – P. 548–558. Doi: 10.1016/S1474-4422(21)00138-1.
12. Sekhon M. S., Griesdale D. E., Robba S. et al. Optic nerve sheath diameter on computed tomography is correlated with simultaneously measured intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury // *Intensive Care Med*. – 2014. – Vol. 40. – P. 1267–1274. Doi: 10.1007/s00134-014-3392-7.
13. Stocchetti N., Colombo A., Ortolano F. et al. Time course of intracranial hypertension after traumatic brain injury // *J Neurotrauma*. – 2007. – Vol. 24, № 8. – P. 1339–1346. Doi: 10.1089/neu.2007.0300.
14. Stocchetti N., Maas A. I. Traumatic intracranial hypertension // *N Engl J Med*. – 2014. – Vol. 371, № 10. – P. 972. Doi: 10.1056/NEJMc1407775.
15. Stocchetti N., Picetti E., Berardino M. et al. Clinical applications of intracranial pressure monitoring in traumatic brain injury: report of the Milan consensus conference // *Acta Neurochir (Wien)*. – 2014. – Vol. 156, № 8. – P. 1615–1622. Doi: 10.1007/s00701-014-2127-4.
16. Tavakoli S., Peitz G., Ares W. et al. Complications of invasive intracranial pressure monitoring devices in neurocritical care // *Neurosurg Focus*. – 2017. – Vol. 43, № 5. – P. E6. Doi: 10.3171/2017.8.FOCUS17450.
17. Vaiman M., Abuita R., Bekerman I. Optic nerve sheath diameters in healthy adults measured by computer tomography // *Int J Ophthalmol*. – 2015. – Vol. 8, № 6. – P. 1240–1244. Doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2015.06.30.
18. Young A. M. H., Donnelly J., Liu X. et al. Computed tomography indicators of deranged intracranial physiology in paediatric traumatic brain injury // *Acta Neurochir Suppl*. – 2018. – Vol. 126. – P. 29–34. Doi: 10.1007/978-3-319-65798-1_7.
1. Polupan A.A., Birg T.M., Oshorov A.V., Pashin A.A., Latyshev Y.A., Savin I.A. Intracranial pressure changes during continuous renal replacement therapy in acute period of severe traumatic brain injury. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*, 2023, vol. 20, no. 2, pp. 36–43. (In Russ.). Doi: 10.24884/2078-5658-2022-20-2-36-43.
2. Potapov A.A., Krylov V.V., Gavrilov A.G., Kravchuk A.D., Likhтерman L.B. et al. Recommendations for the diagnosis and treatment of severe traumatic brain injury. Part 2. Intensive care and neuromonitoring. N. N. *Burdenko Journal of Problems of Neurosurgery*, 2016, vol. 80, no. 1, pp. 98–106. (In Russ.) Doi: 10.17116/neiro201680198-106.
3. Turkin A.M., Oshorov A.V., Pogobekyan E.L., Smironov A.S., Dmitrieva A.S. Correlation of intracranial pressure and the diameter of the optic nerve sheath according to computed tomography in severe traumatic brain injury. N. N. *Burdenko Journal of Problems of Neurosurgery*, 2017, vol. 81, no. 6, pp. 81–88. (In Russ.). Doi: 10.17116/neiro201781681-88.
4. Carney N., Totten A.M., O'Reilly C. et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*, 2016, vol. 80, no. 1, pp. 6–15. Doi: 10.1227/NEU.0000000000001432.
5. Chen W., Belle A., Cockrell C. et al. Automated midline shift and intracranial pressure estimation based on brain CT images. *J. Vis Exp*, 2013, vol. 13, no. 74, pp. 3871. Doi: 10.3791/3871.
6. Chesnut R.M., Temkin N., Carney N. et al. Global Neurotrauma Research Group. A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N Engl J Med*, 2012, vol. 367, no. 26, pp. 2471–2481. Doi: 10.1056/NEJMoa1207363.
7. Clossen M.C., Huijben J.A., van der Jagt M. et al. CENTER-TBI investigators. Variation in monitoring and treatment policies for intracranial hypertension in traumatic brain injury: a survey in 66 neurotrauma centers participating in the CENTER-TBI study. *Crit Care*, 2017, vol. 21, no. 1, pp. 233. Doi: 10.1186/s13054-017-1816-9.
8. Kouvarellis A.J., Rohlwink U.K., Sood V. et al. The relationship between basal cisterns on CT and time-linked intracranial pressure in paediatric head injury. *Childs Nerv Syst*, 2011, vol. 27, no. 7, pp. 1139–1144. Doi: 10.1007/s00381-011-1464-3.
9. Lietke S., Zausinger S., Patzig M. et al. CT-Based classification of acute cerebral edema: association with intracranial pressure and outcome. *J. Neuroimaging*, 2020, vol. 30, no. 5, pp. 640–647. Doi: 10.1111/jon.12736.
10. Miller J.D., Becker D.P., Ward J.D. et al. Significance of intracranial hypertension in severe head injury. *J Neurosurg*, 1977, vol. 47, no. 4, pp. 503–516. Doi: 10.3171/jns.1977.47.4.0503.
11. Robba C., Graziano F., Rebora P. et al. SYNAPSE-ICU Investigators. Intracranial pressure monitoring in patients with acute brain injury in the intensive care unit (SYNAPSE-ICU): an international, prospective observational cohort study. *Lancet Neurol*, 2021, vol. 20, no. 7, pp. 548–558. Doi: 10.1016/S1474-4422(21)00138-1.
12. Sekhon M.S., Griesdale D.E., Robba S. et al. Optic nerve sheath diameter on computed tomography is correlated with simultaneously measured intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury. *Intensive Care Med*, 2014, vol. 40, pp. 1267–1274. Doi: 10.1007/s00134-014-3392-7.
13. Stocchetti N., Colombo A., Ortolano F. et al. Time course of intracranial hypertension after traumatic brain injury. *J Neurotrauma*, 2007, vol. 24, no. 8, pp. 1339–1346. Doi: 10.1089/neu.2007.0300.
14. Stocchetti N., Maas A.I. Traumatic intracranial hypertension. *N Engl J Med*, 2014, vol. 371, no. 10, pp. 972. Doi: 10.1056/NEJMc1407775.
15. Stocchetti N., Picetti E., Berardino M. et al. Clinical applications of intracranial pressure monitoring in traumatic brain injury: report of the Milan consensus conference. *Acta Neurochir (Wien)*, 2014, vol. 156, no. 8, pp. 1615–1622. Doi: 10.1007/s00701-014-2127-4.
16. Tavakoli S., Peitz G., Ares W. et al. Complications of invasive intracranial pressure monitoring devices in neurocritical care. *Neurosurg Focus*, 2017, vol. 43, no. 5, pp. E6. Doi: 10.3171/2017.8.FOCUS17450.
17. Vaiman M., Abuita R., Bekerman I. Optic nerve sheath diameters in healthy adults measured by computer tomography. *Int J Ophthalmol*, 2015, vol. 8, no. 6, pp. 1240–1244. Doi: 10.3980/j.issn.2222-3959.2015.06.30.
18. Young A.M.H., Donnelly J., Liu X. et al. Computed tomography indicators of deranged intracranial physiology in paediatric traumatic brain injury. *Acta Neurochir Suppl*, 2018, vol. 126, pp. 29–34. Doi: 10.1007/978-3-319-65798-1_7.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени Н. Н. Бурденко» МЗ РФ, 125047, Россия, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16

Ошоров Андрей Васильевич

д-р мед. наук, доцент, врач-реаниматолог отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).
E-mail: agvan@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-3674-252x, SPIN: 6630-6008

Мурадян Карина Рубеновна

врач-реаниматолог ОРИТ.
E-mail: karinaturadyan@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2218-693X

Туркин Александр Минович

канд. мед. наук, старший научный сотрудник, врач-рентгенолог, отделение рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики.
E-mail: turkin@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-9010-3059, SPIN: 5380-1629

Чёлушкин Данил Михайлович

врач-нейрохирург, отделение нейроtraумы.
E-mail: danil.chelushkin@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3599-7237, SPIN: 6975-1969

Латышев Ярослав Александрович

канд. мед. наук, врач-нейрохирург, отделение нейроtraумы.
E-mail: YLatyshev@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-7125-5962, SPIN: 2141-9979

Александрова Евгения Владимировна

канд. мед. наук, врач-невролог, отделение нейроtraумы.
E-mail: ealexandrova.nsi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5327-314X, SPIN: 2511-5495

Струнина Юлия Владимировна

ведущий инженер лаборатории биомедицинской информатики и искусственного интеллекта.
E-mail: UStunina@nsi.ru, ORCID: 0000-0001-5010-6661

Данилов Глеб Валерьевич

канд. мед. наук, ученый секретарь.
E-mail: Gdanilov@nsi.ru, ORCID: 0000-0003-1442-5993

Савин Иван Анатольевич

д-р мед. наук, профессор, зав. отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).
E-mail: savin@nsi.ru, ORCID: 0000-0003-3874-4147, SPIN: 1342-7065

Кравчук Александр Дмитриевич

д-р мед. наук, профессор, зав. отделения нейроtraумы.
E-mail: kravtchouk@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-3112-8256

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Moscow, Russia
16, 4th Tevskaya-Yamskaya str., Moscow, 125047, Russia

Oshorov Andrey V.

Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor, Intensivist of the Intensive Care Unit (ICU).
E-mail: agvan@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-3674-252x, SPIN: 6630-6008

Muradyan Karina R.

Intensivist of the Intensive Care Unit (ICU).
E-mail: karinaturadyan@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2218-693X

Turkin Alexander M.

Cand. of Sci. (Med.), Senior Research Fellow, Radiologist, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods.
E-mail: turkin@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-9010-3059, SPIN: 5380-1629

Chelushkin Danil M.

Neurosurgeon, Department of Neurotrauma.
E-mail: danil.chelushkin@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3599-7237, SPIN: 6975-1969

Latyshev Yaroslav A.

Cand. of Sci. (Med.), Neurosurgeon, Department of Neurotrauma.
E-mail: YLatyshev@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-7125-5962, SPIN: 2141-9979

Alexandrova Evgeniya V.

Cand. of Sci. (Med.), Neurologist, Department of Neurotrauma.
E-mail: ealexandrova.nsi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5327-314X, SPIN: 2511-5495

Strunina Yulia V.

Leading Engineer of the Laboratory of Biomedical Informatics and Artificial Intelligence.
E-mail: UStunina@nsi.ru, ORCID: 0000-0001-5010-6661

Danilov Gleb V.

Cand. of Sci. (Med.), Scientific Secretary.
E-mail: Gdanilov@nsi.ru, ORCID: 0000-0003-1442-5993

Savin Ivan A.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of Anesthesiology and Intensive Care Department.
E-mail: savin@nsi.ru, ORCID: 0000-0003-3874-4147, SPIN: 1342-7065

Kravtchuk Alexander D.

Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurotrauma. E-mail: kravtchouk@nsi.ru, ORCID: 0000-0002-3112-8256