



DOI: 10.24835/1607-0763-2018-3-6-16

Диагностика внутричерепной гипертензии при помощи ультразвукового исследования канала зрительного нерва у пациентов с внутричерепными кровоизлияниями

Петриков С.С.^{1,2}, Андрейцева М.И.^{1*}, Хамидова Л.Т.¹, Солодов А.А.^{1,2,3}

¹ ГБУЗ “НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, Москва, Россия

² ФГБОУ ВО “МГМСУ им. А.И. Евдокимова” Минздрава России, Москва, Россия

³ Клинический медицинский центр ФГБОУ ВО “МГМСУ им. А.И. Евдокимова” Минздрава России, Москва, Россия

The diagnostics intracranial hypertension using ultrasound of the optic nerve channel in patients with intracranial hemorrhage

Petrikov S.S.^{1,2}, Andreytseva M.I.^{1*}, Khamidova L.T.¹, Solodov A.A.^{1,2,3}

¹ N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

³ Clinical medical center of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

Цель исследования: определить взаимосвязь между значениями внутричерепного давления (ВЧД), полученными путем его прямого измерения (с помощью датчиков ВЧД), значениями ширины канала зрительного нерва (ШКЗН) и диаметром зрительного нерва (ДЗН), полученными с помощью ультразвукового исследования (УЗИ) канала зрительного нерва, а также определить пороговое значение ШКЗН при ВЧД 20 мм рт.ст. и выше.

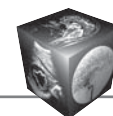
Материал и методы. Обследовано 33 пациента с травматическими и нетравматическими внутричерепными кровоизлияниями. У всех пациентов непрерывно мониторировали ВЧД с помощью датчиков и выполняли УЗИ канала зрительного нерва. При УЗИ канала зрительного нерва оценивали ШКЗН и ДЗН. Для определения нормальных значений ШКЗН и ДЗН обследовано 16 здоровых добровольцев.

Результаты. Всех пациентов разделили на 2 группы в зависимости от типа динамики ВЧД. Группа 1 (n = 26) – ВЧД исходно ниже 20 мм рт. ст. и группа 2 (n = 7) – ВЧД исходно высокие значения ВЧД. Группу 1 разделили на 3 подгруппы: подгруппа 1a (n = 7) – ВЧД не повышалось за все время наблюдения, подгруппа 1b1 (n = 10) – ВЧД транзиторно повышалось в послеоперационном

периоде и нормализовалось на фоне терапии, подгруппа 1b2 (n = 9) – в послеоперационном периоде развилась рефрактерная внутричерепная гипертензия. Группу 2 разделили на 2 подгруппы: 2a (n = 4) – ВЧД нормализовалось в послеоперационном периоде, 2b (n = 3) – в послеоперационном периоде развилась рефрактерная внутричерепная гипертензия. Во всех группах пациентов была выявлена умеренная корреляция между уровнем ВЧД и ШКЗН (Spearman $\rho = 0,318$, $R = 0,31$, $p < 0,001$; Kruskal–Wallis $p < 0,001$). Величина ДЗН у здоровых добровольцев и у обследованных пациентов не различалась (Spearman $\rho = 0,0054$, $R = 0,0054$, $p = 0,96$). В ходе исследования было получено пороговое значение ШКЗН 5,8 мм для диагностики ВЧД 20 мм рт.ст. и выше.

Выводы. УЗИ канала зрительного нерва может быть дополнительным скрининговым неинвазивным методом диагностики у больных с внутричерепной гипертензией.

Ключевые слова: внутричерепная гипертензия, внутричерепное давление, канал зрительного нерва, ультразвуковое исследование, черепно-мозговая травма, субарахноидальное кровоизлияние, внутричерепное кровоизлияние.



Ссылка для цитирования: Петриков С.С., Андрейцева М.И., Хамидова Л.Т., Солодов А.А. Диагностика внутричерепной гипертензии при помощи ультразвукового исследования канала зрительного нерва у пациентов с внутричерепными кровоизлияниями. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (3): 6–16. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-3-6-16.

The purpose. To determine relationships between the value of intracranial pressure obtained by direct measurement (using ICP sensors), the optic nerve sheath diameter (ONSD), and the optic nerve diameter obtained by ultrasound; to define a threshold for ONSD for diagnosing ICP more than 20 mm Hg.

Materials and methods. 33 patients with traumatic and non-traumatic intracranial hemorrhages were examined. All patients were continuously monitored by ICP and ultrasound of the optic nerve channel. We evaluated the ONSD and optic nerve diameter (OND) using ultrasound. 16 healthy volunteers were examined to determine the normal values of ONSD and OND.

Results. All patients were divided into 2 groups depending on the type of ICP dynamics. Group 1 (n = 26): an initial value of ICP is less than 20 mm Hg, group 2 (n = 7): initially high ICP values. Group 1 was divided into 3 subgroups: 1a (n = 7) – ICP did not increase during the whole monitoring period, 1b1 (n = 10) – ICP transiently increased in the postoperative period and normalized after treating, 1b2 (n = 9) – refractory intracranial hypertension was developed in the postoperative period. Group 2 was divided into two subgroups: 2a (n = 4) – ICP normalized in the postoperative period, 2b (n = 3) – refractory intracranial hypertension was developed in the postoperative period. There was a significant relationship between ICP and ONSD (Spearman $n = 318$, $R = 0.31$, $p < 0.001$; Kruskal-Wallis $p < 0.001$) in all groups of patients. The diameter of the optic nerve was the same for both groups: healthy volunteers and the experimental group (Spearman $n = 334$, $R = 0.0054$, $p = 0.96$). The optimal value of ONSD for detection the ICP > 20 mm Hg was more than 5.8 mm.

Conclusion. The ultrasound of the optic nerve channel can be an additional screening non-invasive diagnostic method for patients with intracranial hypertension.

Key words: intracranial hypertension, intracranial pressure, noninvasive, optic nerve sheath diameter, ultrasonography, severe head injury, subarachnoid hemorrhage, intracranial hemorrhage.

Recommended citation: Petrikov S.S., Andreytseva M.I., Khamidova L.T., Solodov A.A. The diagnostics intracranial hypertension using ultrasound of the optic nerve channel in patients with intracranial hemorrhage. *Medical Visualization*. 2018; 22 (3): 6–16. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-3-6-16.

Введение

Внутричерепной гипертензией (ВЧГ) считают стойкое повышение внутричерепного давления (ВЧД) до 20 мм рт.ст. и более, продолжающееся не менее 5 мин [1]. Длительное повышение ВЧД приводит к ухудшению церебральной перфузии, развитию ишемии и отека головного мозга [2–5]. Персистирующая ВЧГ значительно увеличивает

риск развития неблагоприятного исхода [6–8]. В связи с этим одной из наиболее важных задач интенсивной терапии больных с внутричерепными кровоизлияниями (ВЧК) является диагностика и своевременная коррекция ВЧГ [9, 10]. Наиболее точным методом остается инвазивный мониторинг ВЧД. К его достоинствам относят точность и непрерывность регистрации, однако метод является инвазивным, что обуславливает повышенный риск развития инфекционных и геморрагических осложнений. Для устранения этих недостатков разрабатывают альтернативные, неинвазивные и недорогие способы динамической оценки уровня ВЧД, которые должны обладать высокой точностью измерения. Одним из таких методов может быть ультразвуковое исследование канала зрительного нерва (УЗИ КЗН).

За последние 30 лет были представлены работы по измерению ширины канала зрительного нерва (ШКЗН) при помощи УЗИ: на трупных зрительных нервах, у детей с гидроцефалией, печеночной недостаточностью и вентрикулоперитонеальными шунтами, у взрослых пациентов с черепно-мозговыми травмами и нетравматическими ВЧК [11–17]. В этих работах было доказано, что повышение ВЧД передается на субарахноидальное пространство вокруг зрительного нерва и вызывает расширение КЗН (т.е. расширение пространства, в котором находится цереброспинальная жидкость), что может давать представление о динамике нарастания или регрессии ВЧГ. Оценка ШКЗН при помощи УЗИ может быть простым способом диагностики ВЧГ. Однако на точность измерения может влиять нарушение методики выполнения УЗИ и как следствие неправильное выведение и измерение ШКЗН из-за неадекватно выбранной плоскости УЗ-сканирования.

Цель исследования

Определить взаимосвязь между значениями ВЧД, полученными путем его прямого измерения (с помощью датчиков ВЧД), и значениями ШКЗН и диаметром зрительного нерва (ДЗН), полученными с помощью УЗИ КЗН, а также пороговое значение ШКЗН при ВЧД 20 мм рт.ст. и выше.

Материал и методы

Обследовано 33 пациента, проходивших лечение в отделении нейрохирургической реанимации НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского с сентября 2012 г. по ноябрь 2017 г. с угнетением уровня бодрствования по шкале комы Глазго до 8 баллов и менее. У 18 пациентов диагностировали субарахноидальное кровоизлияние вследствие разрыва церебральной аневризмы, у 2 – разрыв

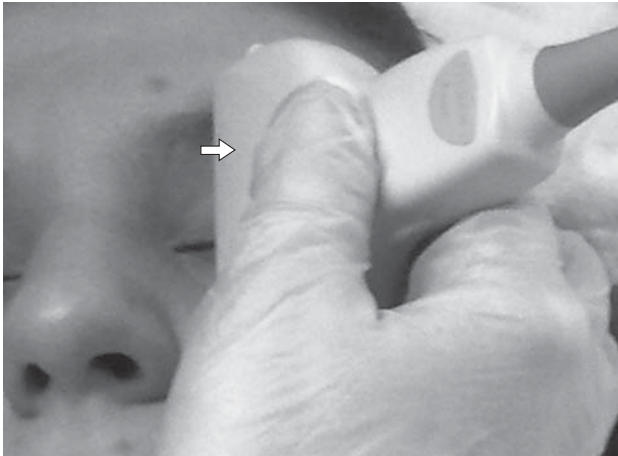


Рис. 1. УЗИ канала зрительного нерва. Стрелкой указано расположение линейного датчика при УЗИ на закрытом верхнем веке.

артериовенозной мальформации, у 13 – тяжелую черепно-мозговую травму. Возраст пострадавших составил 47 ± 13 лет (13 женщин и 20 мужчин). У всех пациентов оценивали неврологический статус, им выполняли МСКТ головного мозга на томографе Toshiba Aquilion (Япония). Анализ полученных МСКТ-изображений головного мозга включал: выявление острых объемных очагов повреждения мозга, оценку состояния срединных структур и диагностику поперечной и аксиальной дислокации, оценку состояния желудочковой системы, субарахноидального пространства и базальных цистерн, паренхимы головного мозга (наличие отека мозга, зон ишемии). У 29 больных мониторировали ВЧД с помощью паренхиматозных датчиков ВЧД Codman (США), у 4 использовали вентрикулярные датчики Spiegelberg (Германия). Регистрировали данные количества эпизодов ВЧГ за сутки, их продолжительность, среднее значение ВЧД за сутки, а также значение ВЧД во время УЗИ. УЗИ КЗН проводили на приборах Zonare Z One (США) и Toshiba Aplio MX (Япония) ежедневно в течение первых 14 сут после операции либо до нормализации уровня ВЧД (от 6 до 14 исследований, в среднем – 7 ($n = 318$)). При проведении УЗИ КЗН использовали линейный датчик с частотой 7,5–14 МГц, программу “малые органы” или “поверхностные”, ультразвуковой фокус располагали на ретробульбарном пространстве, глубина сканирования была 5 см. Акустическую мощность прибора уменьшали до 30–40% для предотвращения повреждения хрусталика. Значения теплового и механического индексов устанавливали менее 1,0 для предупреждения местного термального воздействия на ткани. В исследование входило измерение ДЗН и ШКЗН. Оба эти параметра изме-

ряли на расстоянии 3 мм позади сетчатки с использованием электронного измерителя в качестве перпендикуляра к аксиальной проекции в двух плоскостях (вертикальной и горизонтальной). Измерения повторяли по 2–3 раза на обоих глазах. Величиной ДЗН и ШКЗН считали среднее арифметическое значение от этих измерений. Для правильного определения направления хода зрительного нерва использовали режим цветового доплеровского картирования для визуализации центральной артерии сетчатки (настройки акустической мощности и механического индекса были такими же, как в В-режиме). Если ход артерии шел не в строго вертикальном положении и визуализировалась гипоехогенная тень от решетчатой пластинки (в случае активного движения глазных яблок), то такие измерения не учитывались (рис. 1). Перед проведением УЗИ КЗН всем пациентам была выполнена офтальмоскопия для исключения патологии глазного яблока.

Пациентам проводили профилактическую терапию ВЧГ: седацию и обезболивание, оптимизацию венозного оттока из полости черепа, респираторную поддержку, коррекцию температуры тела и гемодинамики. При стойком повышении ВЧД до 20 мм рт.ст. и более выполняли декомпрессионную трепанацию черепа. Все больные были оперированы. 17 пациентам изначально выполнена костно-пластическая трепанация черепа, из них 5 были оперированы повторно (2 – в связи с увеличением объема ушиба головного мозга, 3 – по поводу рецидивов внутричерепных гематом), 13 больным выполнили сразу декомпрессионную краниотомию. 3 пациентам установили датчики для контроля ВЧД (рис. 2, табл. 1).

Для определения нормальных значений ШКЗН и ДЗН мы выполнили по одному УЗИ КЗН здоровым добровольцам. Их средний возраст составил $52 \pm 12,1$ года (9 мужчин и 7 женщин). Для исключения фоновой патологии со стороны глазного яблока в группе здоровых добровольцев перед проведением УЗИ КЗН каждому пациенту была выполнена офтальмоскопия.

По шкале исходов Глазго (ШИГ) оценивали исходы заболевания: летальный исход (ШИГ 1), вегетативное состояние (ШИГ 2), тяжелая инвалидизация (ШИГ 3), умеренная инвалидизация (ШИГ 4) и хороший исход, отсутствие неврологического дефицита (ШИГ 5).

Обработка статистических данных 318 УЗИ КЗН была выполнена с помощью программы Statistica Ver.6 фирмы StatSoft Inc. Данные были представлены в виде медианы (ME) с верхним и нижним квартилями (Q1 и Q2), критерий Манна–Уитни использовали для выявления значимости различий

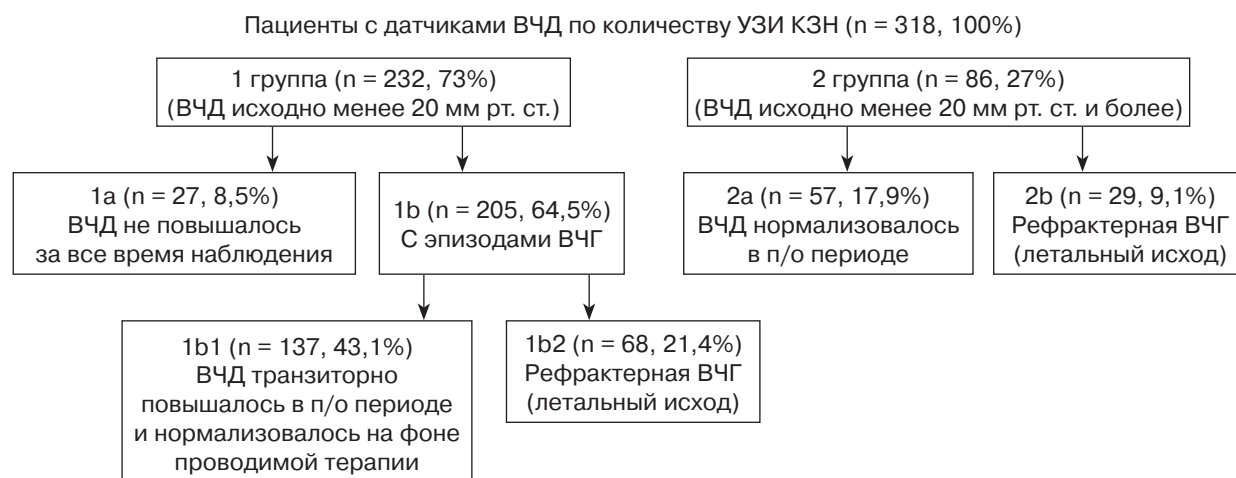
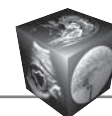


Рис. 2. Распределение количества УЗИ канала зрительного нерва (n) у 33 обследованных пациентов по группам в зависимости от типа динамики ВЧД.

Таблица 1. Общая характеристика обследованных больных

Параметры	Подгруппа пациентов					Здоровые добровольцы
	1a	1b1	1b2	2a	2b	
Количество УЗИ КЗН	27	137	68	57	29	16
Количество больных	7	10	9	4	3	16
Пол:						
женщины	5	5	2	2	0	8
мужчины	3	5	7	7	3	8
Возраст, годы	44 ± 23	41 ± 15	46 ± 17	35 ± 9	39 ± 13	39 ± 14
Нозология:						
черепно-мозговая травма	3	2	3	4	1	
церебральная аневризма	3	7	6	0	2	
артериовенозная мальформация	1	1	0	0	0	
Операции:						
костно-пластическая трепанация черепа	5	8	2	1	1	
декомпрессивная краниотомия	1	4	8	4	1	
Шкала исходов Глазго, баллы	5	3–4	1	2–4	1	5

в сравниваемых выработках, метод ранговой корреляции Спирмена применяли для определения корреляционной связи. Выявляли корреляцию ШКЗН при ВЧД 20 мм рт.ст. и выше, при $p < 0,05$ значения считали достоверными.

Результаты и их обсуждение

По данным УЗИ КЗН нормальные значения ШКЗН у здоровых добровольцев составили – $4,8 \pm 0,25$ мм, ДЗН – $2,4 \pm 0,12$ мм (рис. 3).

У 33 пациентов был проведен непрерывный мониторинг ВЧД и выполнено 318 УЗИ КЗН. Регистрировались данные количества эпизодов ВЧГ за сутки, их продолжительность, среднее значение ВЧД за сутки, а также значения ВЧД во время УЗИ. Из 318 наблюдений истинно положительными были 89, истинно отрицательными – 229, ложноположительными – 18, ложноотрицатель-

ными – 0. Ложноположительные результаты были получены в подгруппе пациентов 2a с черепно-мозговыми травмами, с исходно высокими значениями ВЧД. При нормализации ВЧД, зарегистрированного при прямом мониторинговании, КЗН оставался широким и уменьшался на 2–3 дня позже, чем были зафиксированы нормальные значения ВЧД. По данным МСКТ у пациентов подгруппы 2a после нормализации ВЧД оставались зоны отека и ишемии головного мозга, которые уменьшались через 2–3 дня после нормализации ВЧД.

Всех пациентов в зависимости от типа динамики ВЧД разделили на 2 группы. Группа 1 (232 УЗИ КЗН у 26 больных) – пациенты с исходно нормальным уровнем ВЧД, группа 2 (86 УЗИ КЗН у 7 пациентов) – больные с исходно высокими значениями ВЧД (20 мм рт.ст. и выше). В группе 1 выделили 3 подгруппы: подгруппа 1a (27 УЗИ КЗН у 7 боль-

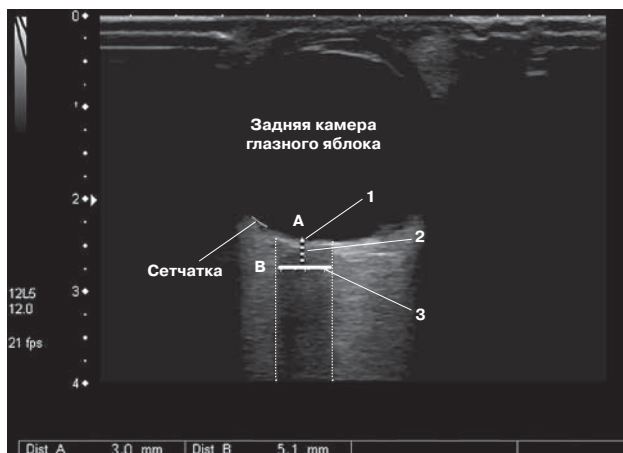


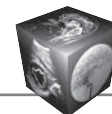
Рис. 3. Визуализация канала зрительного нерва при УЗИ в группе здоровых добровольцев. 1 – диск зрительного нерва; 2 – точка в 3 мм позади сетчатки для измерения ШКЗН (черной пунктирной линией указан перпендикуляр); 3 – ШКЗН в норме – 5,1 мм (указано белой горизонтальной линией).

Таблица 2. Динамика ВЧД в послеоперационном периоде во всех подгруппах пациентов

Сутки после операции	Подгруппа пациентов				
	1a	1b1	1b2	2a	2b
	ВЧД, мм рт.ст.				
1	9,6 ± 5,1	8,2 ± 6,1	16,5 ± 0,6	26,6 ± 5,1	26,0 ± 6,9
2	8,6 ± 5,1	8,3 ± 4,1	15,5 ± 0,6	27,6 ± 4,1	26,2 ± 4,8
3	10,2 ± 3,1	22,0 ± 8	19,0 ± 1,6	25,6 ± 5,2	23,2 ± 2,8
4	9,0 ± 4,2	28,0 ± 12	21,5 ± 0,6	28,6 ± 2,2	22,0 ± 1,9
5	9,8 ± 2,2	26,0 ± 14	25,5 ± 2,2	29,1 ± 4,2	28 ± 3,9
6	6,9 ± 2,6	20,0 ± 2	30,0 ± 7,9	25,3 ± 3,3	25,5 ± 4,2
7	8,1 ± 2,1	17,0 ± 11	32,0 ± 11	25,6 ± 5,0	30,0 ± 7,9
8	8,3 ± 1,8	13,0 ± 4	36,0 ± 8	23,6 ± 3,1	41,0 ± 4,5
9	9,9 ± 1,1	14,0 ± 2	36,0 ± 8	22,1 ± 1,1	43,0 ± 1,9
10	10,2 ± 1,7	15,0 ± 1,5	38,0 ± 4	19 ± 2,1	39 ± 5,0
11	9,6 ± 4,1	9,9 ± 1,6	38,0 ± 5	15 ± 4,7	38,0 ± 3,1,9
12	7,3 ± 1,4	8,6 ± 5,1	39,0 ± 7	15 ± 2,7	49 ± 3,5
13	6,6 ± 1,4	8,0 ± 2,1	40,0 ± 8	11,0 ± 3,7	68,0 ± 4,9
14	6,6 ± 1,3	6,1 ± 1,0	39 ± 2	9,3 ± 2,7	49 ± 3,5

Таблица 3. Динамика ШКЗН в послеоперационном периоде во всех подгруппах пациентов

Сутки после операции	Подгруппа пациентов				
	1a	1b1	1b2	2a	2b
	ШКЗН, мм				
1	4,9 ± 0,3	4,9 ± 0,31	4,9 ± 0,2	5,9 ± 0,1	5,8 ± 0,2
2	4,9 ± 0,2	5,2 ± 0,2	5,0 ± 0,2	5,9 ± 0,16	5,8 ± 0,25
3	4,9 ± 0,1	5,2 ± 0,3	5,6 ± 0,2	6,0 ± 0,15	5,9 ± 0,1
4	4,8 ± 0,2	5,8 ± 0,1	5,8 ± 0,2	6,0 ± 0,2	6,0 ± 0,17
5	4,8 ± 0,1	5,9 ± 0,1	5,9 ± 0,2	5,9 ± 0,05	6,0 ± 0,1
6	4,7 ± 0,2	5,8 ± 0,1	5,9 ± 0,1	5,8 ± 0,5	6,0 ± 0,2
7	4,8 ± 0,4	5,6 ± 0,1	5,9 ± 0,2	5,9 ± 0,16	6,1 ± 0,1
8	4,9 ± 0,1	5,5 ± 0,2	6,0 ± 0,2	6,1 ± 0,2	6,1 ± 0,18
9	4,8 ± 0,1	5,5 ± 0,25	6,0 ± 0,17	6,0 ± 0,2	6,2 ± 0,2
10	4,9 ± 0,3	5,3 ± 0,1	6,2 ± 0,17	5,8 ± 0,1	6,2 ± 0,3
11	4,9 ± 0,23	5,1 ± 0,2	6,1 ± 0,15	5,7 ± 0,2	6,2 ± 0,1
12	4,9 ± 0,3	4,9 ± 0,31	6,1 ± 0,17	5,5 ± 0,2	6,3 ± 0,1
13	5,0 ± 0,1	4,8 ± 0,2	6,2 ± 0,17	5,4 ± 0,3	6,2 ± 0,17
14	4,9 ± 0,4	4,9 ± 0,23	6,25 ± 0,17	5,2 ± 0,25	6,1 ± 0,25



ных) – за все время лечения не было зарегистрировано эпизодов ВЧГ, подгруппа 1b1 (137 УЗИ КЗН у 10 пациентов) – уровень ВЧД в 1–2-е сутки после операции находился в пределах нормальных значений, на 3–6-е сутки ВЧД повышалось до 20 мм рт.ст. и более, далее на 5–10-е сутки после операции ВЧД нормализовалось; подгруппа 1b2 (68 УЗИ КЗН у 9 больных) – уровень ВЧД в 1–2-е сутки после операции находился в пределах нормальных значений, на 3-и сутки отмечено развитие рефрактерной ВЧГ (в дальнейшем ВЧД не нормализовалось). Группу 2 разделили на 2 подгруппы: подгруппа 2a (57 УЗИ КЗН у 4 пациентов) – в первые 11–15 сут после операции были зарегистрированы эпизоды ВЧГ, далее ВЧД нормализовалось, подгруппа 2b (29 УЗИ КЗН у 3 больных) – после операции ВЧД было 20 мм рт.ст. и выше, в дальнейшем сохранялась рефрактерная ВЧГ (табл. 2, 3).

У пациентов подгруппы 1a ВЧД при постановке датчика составило $9,6 \pm 6,2$ мм рт.ст. ($n = 7$), ДЗН в первые 10 сут послеоперационного периода – $2,4 \pm 0,15$ мм ($n = 20$), ШКЗН – $4,9 \pm 0,2$ мм ($n = 20$, $r = -0,13$, что не отличалось от группы здоровых добровольцев, $p = 0,6$) (рис. 4, 5).

У пациентов подгруппы 1b1 эпизоды ВЧГ наблюдали в течение первых 5 сут, суммарная продолжительность эпизодов составила 7–10 ч. В данной подгруппе пациентов ВЧД при постановке датчиков и в 1–2-е сутки после операции находилось в пределах нормальных значений – $8,3 \pm 6,1$ мм рт.ст. ($n = 29$), ДЗН – $2,5 \pm 0,1$ мм ($n = 29$), ШКЗН – $4,8 \pm 0,2$ мм ($n = 29$, $r = -0,13$, что достоверно не отличалось от группы здоровых добровольцев, $p = 0,6$). На 3–6-е сутки после операции была тенденция к ВЧГ: ВЧД составило 28 ± 13 мм рт.ст. ($n = 56$), ДЗН не изменился – $2,5 \pm 0,13$ мм ($n = 56$), а ШКЗН увеличилась до $5,6 \pm 0,1$ мм ($n = 56$, $p < 0,05$ по сравнению с исходными значениями). На 5–10-е сутки после операции ВЧД нормализовалось и составило $12 \pm 3,6$ мм рт.ст. ($n = 52$), ДЗН не изменился – $2,5 \pm 0,13$ мм ($n = 52$), а ШКЗН уменьшилась до $4,9 \pm 0,3$ мм ($n = 52$, $p < 0,05$ по сравнению с исходными значениями) (рис. 6, 7).

У больных подгруппы 1b2 наблюдали эпизоды ВЧГ с 4-х до 10-х суток, суммарная продолжительность которых составила 10–19 ч. ВЧД при постановке датчиков составляло $16,4 \pm 0,6$ мм рт.ст. ($n = 9$), ДЗН в 1-е сутки после операции – $2,6 \pm 0,1$ мм ($n = 9$), ШКЗН – $4,9 \pm 0,2$ мм ($n = 9$, что достоверно не отличалось от группы здоровых добровольцев). При развитии ВЧГ на 1–3-и сутки послеоперационного периода (среднее значение ВЧД 38 ± 14 мм рт.ст.) ($n = 59$) ДЗН оставался неизменным – $2,6 \pm 0,11$ мм ($n = 59$), а ШКЗН увеличилась

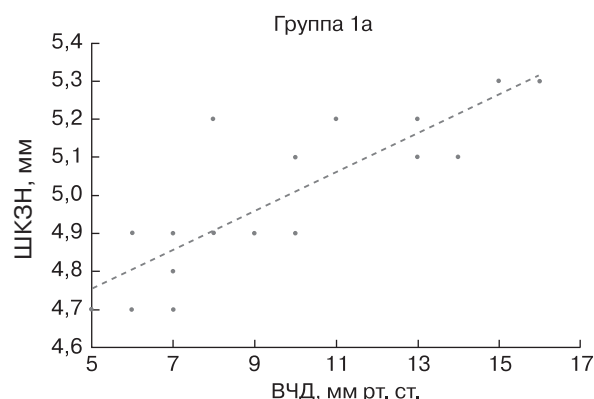


Рис. 4. График зависимости ШКЗН от уровня ВЧД в группе 1a.

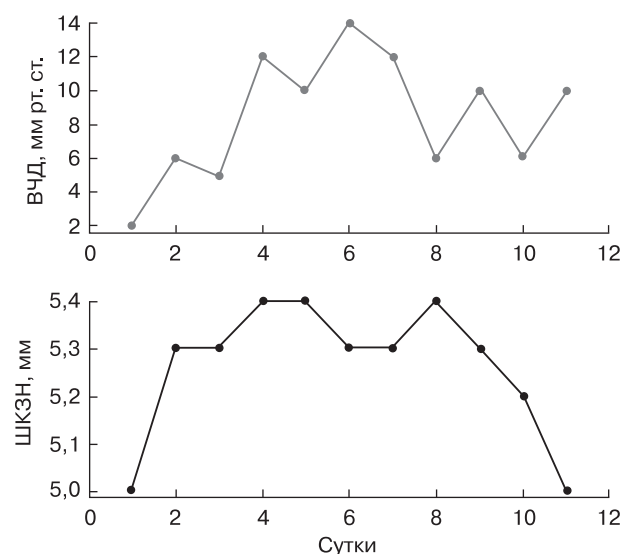


Рис. 5. График динамики ШКЗН и ВЧД в группе 1a.

до $5,8 \pm 0,2$ мм ($n = 59$, что было достоверно выше, чем в группе здоровых добровольцев) (рис. 8, 9).

У пациентов подгруппы 2a ВЧД изначально и в первые 11–15 сут после операции составило $25,5 \pm 5,01$ мм рт.ст. ($n = 33$), ДЗН – $2,4 \pm 0,1$ мм ($n = 33$), ШКЗН – $5,9 \pm 0,17$ мм ($n = 33$, что было достоверно выше, чем в группе здоровых добровольцев). Суммарная продолжительность эпизодов ВЧГ в первые 11–15 сут составила от 6 до 14 ч. В дальнейшем ВЧД нормализовалось и составило $15 \pm 4,7$ мм рт.ст. ($n = 24$), ДЗН не изменился – $2,5 \pm 0,1$ мм ($n = 24$), а ШКЗН уменьшилась до $5,4 \pm 0,21$ мм ($n = 24$, $p < 0,05$ по сравнению как с данными в группе здоровых добровольцев, так и с исходными значениями). Следует отметить, что-

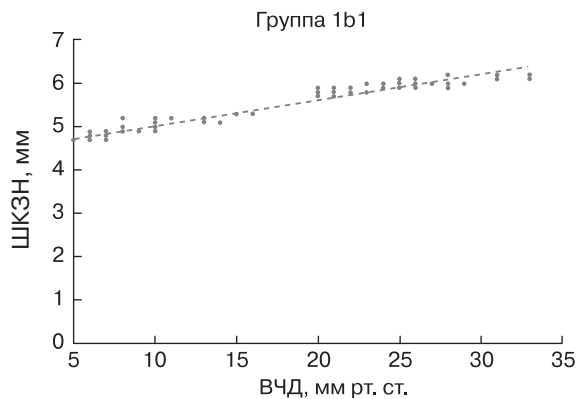


Рис. 6. График зависимости ШКЗН от уровня ВЧД в группе 1b1.

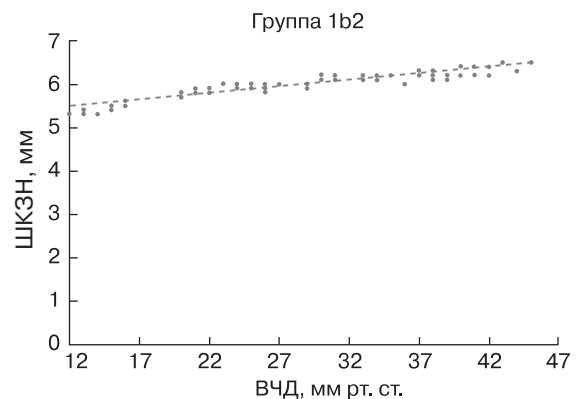


Рис. 8. График зависимости ШКЗН от уровня ВЧД в группе 1b2.

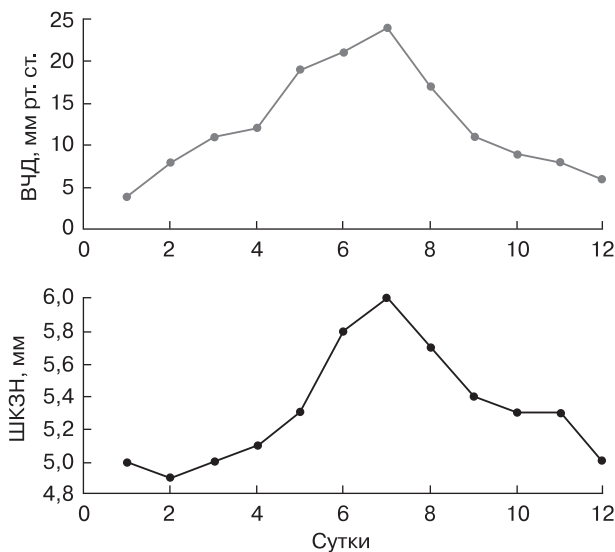


Рис. 7. График динамики ШКЗН и ВЧД в группе 1b1.

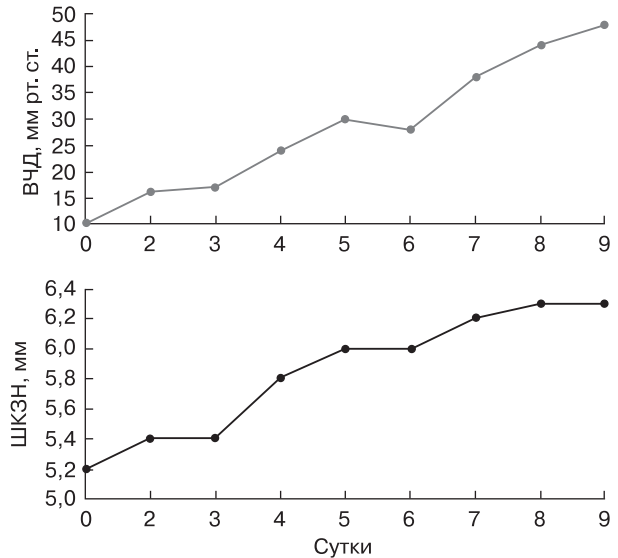


Рис. 9. График динамики ШКЗН и ВЧД в группе 1b2.

уменьшение ШКЗН в данной подгруппе пациентов наступило на 2–3 дня позже периода нормализации ВЧД по данным мониторинга (рис. 10, 11).

У пострадавших подгруппы 2b ВЧД при постановке датчиков было $27 \pm 6,9$ мм рт.ст. ($n = 3$), ДЗН в 1-е сутки послеоперационного периода составил $2,6 \pm 0,12$ мм ($n = 3$), а ШКЗН – $5,7 \pm 0,16$ мм ($n = 3$). При развитии рефрактерной гипертензии на 1–3-и сутки после операции ВЧД составило $42 \pm 11,9$ мм рт.ст. ($n = 26$), ДЗН – $2,6 \pm 0,11$ мм ($n = 26$), а ШКЗН – $6,0 \pm 0,18$ мм ($n = 26$). Суммарная продолжительность эпизодов ВЧД была от 20 до 24 ч в сутки (рис. 12–14).

Пациенты подгрупп 1b2 и 2b умерли (по ШИГ 1 балл), пациенты подгруппы 1a выписались без

неврологического дефицита (5 баллов по ШИГ), пациенты подгрупп 1b1 и 2a – с неврологическим дефицитом (3–4 балла по ШИГ) (рис. 15).

Во всех группах пациентов по данным 318 УЗИ КЗН была выявлена умеренная корреляция между уровнем ВЧД и ШКЗН (Spearman = 318, $R = 0,31$, $p < 0,001$; Kruskal–Wallis $p < 0,001$). Величина ДЗН у здоровых добровольцев и у обследованных пациентов не различалась (Spearman = 334, $R = 0,0054$, $p = 0,96$). Одной из целей нашего исследования было выявление порогового значения ШКЗН – значения, соответствующего ВЧД ≥ 20 мм рт.ст., которое составило 5,8 мм и более (AUC 0,98, 95% CI 0,933–0,999, чувствительность 100%, специфичность 92,9%) (рис. 16).

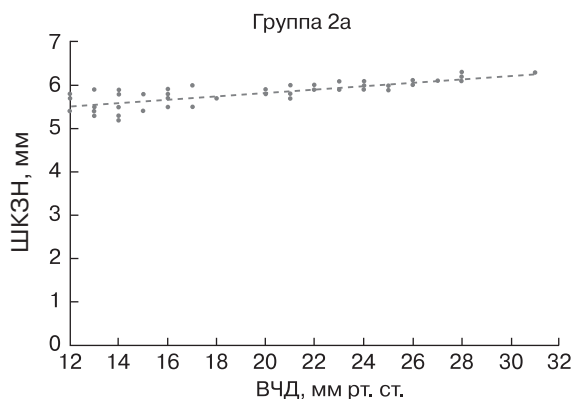
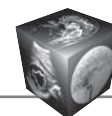


Рис. 10. График зависимости ШКЗН от уровня ВЧД в группе 2a.

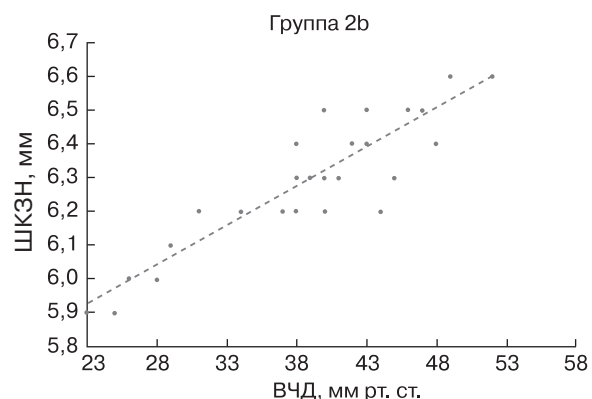


Рис. 12. График зависимости ШКЗН от уровня ВЧД в группе 2b.

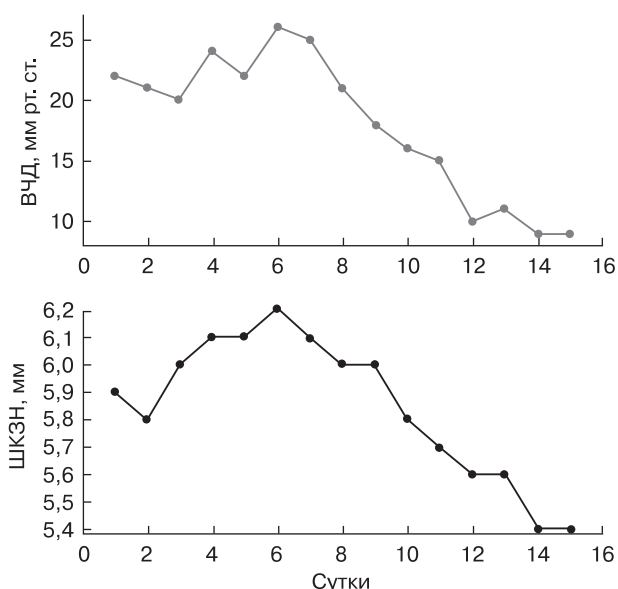


Рис. 11. График динамики ШКЗН и ВЧД в группе 2a.

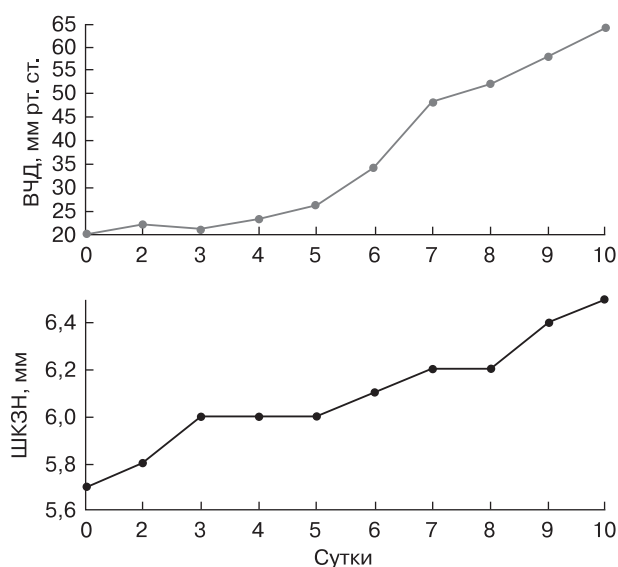
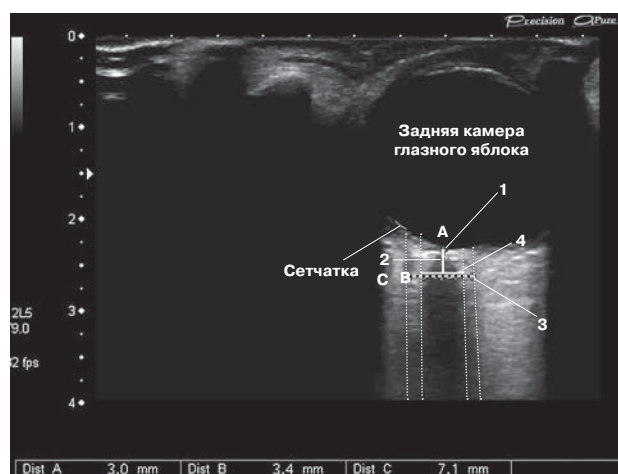


Рис. 13. График динамики ШКЗН и ВЧД в группе 2b.

Рис. 14. Визуализация канала зрительного нерва при УЗИ, ВЧД более 20 мм рт.ст. 1 – диск зрительного нерва; 2 – точка в 3 мм позади сетчатки для измерения ШКЗН; 3 – расширение канала зрительного нерва (горизонтальная пунктирная линия) до 7,1 мм при повышении ВЧД более 20 мм рт.ст; 4 – диаметр зрительного нерва – 3,4 мм (горизонтальная белая линия), который не изменяется при повышении ВЧД до 20 мм рт.ст. и более.



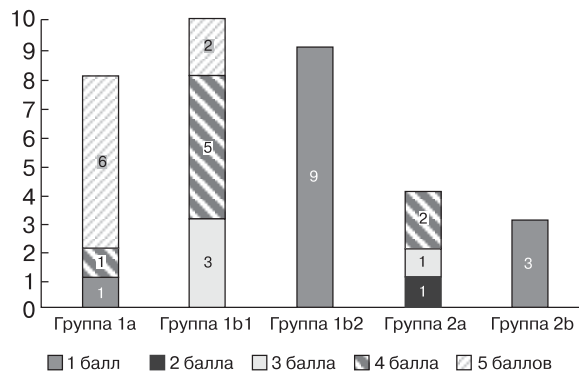


Рис. 15. Исходы лечения пациентов по группам. 1 балл – смертельный исход; 2 балла – вегетативное состояние; 3 балла – тяжелая инвалидизация; 4 балла – умеренная инвалидизация; 5 баллов – отличный исход.

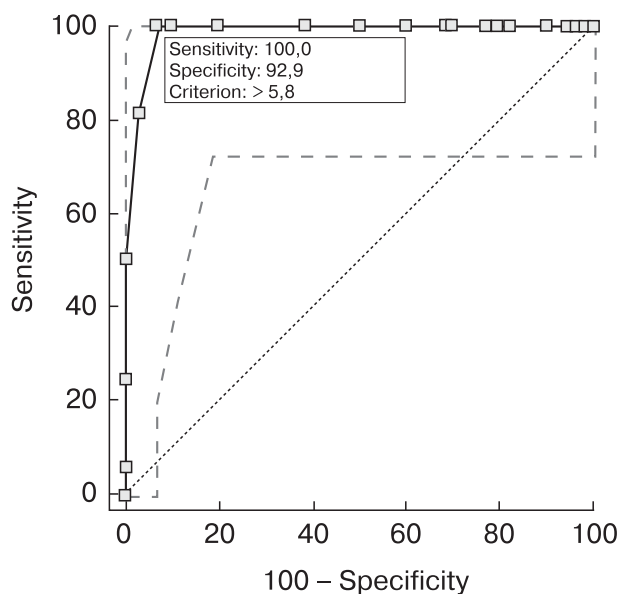


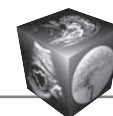
Рис. 16. Пороговое значение ШКЗН при ВЧД 20 мм рт. ст. и выше, ROC-кривая.

Выводы

1. ШКЗН коррелирует с уровнем ВЧД, мониторируемого инвазивно.
2. Измерение ДЗН не позволяет достоверно судить об уровне ВЧД.
3. Увеличение ШКЗН от 5,8 мм и более является УЗ-признаком повышения ВЧД выше порогового значения (20 мм рт.ст. и более).

Список литературы

1. Bratton S.L., Chesnut R.M., Ghajar J. et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. VI. Indications for intracranial pressure monitoring. *J. Neurotrauma*. 2007; 24, Suppl. 1: S37–S44.
2. Крылов В.В., Петриков С.С., Солодов А.А. и др. Диагностика и лечение внутричерепной гипертензии у больных с внутричерепными кровоизлияниями. Методические рекомендации №5. М., 2011. 21 с.
3. Крылов В.В., Петриков С.С., Солодов А.А. Внутричерепная гипертензия. М.: Бином, 2016. 216 с.
4. Крылов В.В., Петриков С.С., Белкин А.А. Медицина по нейрореанимации: Учебное пособие. М.: Медицина, 2009. 192 с.
5. Крылов В.В., Петриков С.С., Рамазанов Г.Р., Солодов А.А. Нейрореаниматология: Практическое руководство. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 176 с.
6. Крылов В.В., Петриков С.С., Солодов А.А., Титова Ю.В., Ромасенко М.В., Левина О.А., Ефременко С.В., Алещенко Е.И., Хамидова Л.Т. Принципы интенсивной терапии больных с субарахноидальными кровоизлияниями вследствие разрыва аневризм головного мозга. *Журнал им. Н.В. Склифосовского "Неотложная медицинская помощь"*. 2013; 4: 48–52.
7. Пурас Ю.В., Талыпов А.Э., Крылов В.В. Исходы лечения у пострадавших с сочетанной черепно-мозговой травмой на госпитальном этапе оказания медицинской помощи. *Журнал им. Н.В. Склифосовского "Неотложная медицинская помощь"*. 2013; 1: 38–45.
8. Карпунин А.Ю., Петриков С.С., Хамидова Л.Т., Крылов В.В. Влияние церебрального ангиоспазма на исходы заболевания у пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой. *Журнал им. Н.В. Склифосовского "Неотложная медицинская помощь"*. 2016; 3: 49–54.
9. Пурас Ю.В. Хирургические методы лечения внутричерепной гипертензии при тяжелой черепно-мозговой травме. Обзор литературы. *Нейрохирургия*. 2013; 4: 79–90. DOI: 10.17650/1683-3295-2013-0-4-79-90.
10. Крылов В.В., Талыпов А.Э., Пурас Ю.В. Внутричерепное давление при повреждениях головного мозга. Оригинальные работы. *Нейрохирургия*. 2007; 4: 12–19.
11. Liu D., Kahn M. Measurement and relationship of subarachnoid pressure of the optic nerve to intracranial pressures in fresh cadavers. *Am. J. Ophthalmol.* 1993; 116: 548–556. PMID: 8238213.
12. Hansen H.C., Helmke K. The subarachnoid space surrounding the optic nerves. An ultrasound study of the optic nerve sheath. *Surg. Radiol. Anatomy*. 1996; 18 (4): 323–328. PMID: 8983112.
13. Hansen H.C., Helmke K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J. Neurosurg.* 1997; 87: 34–40. DOI: 10.3171/jns.1997.87.1.0034.
14. Blaivas M., Theodoro D., Sierzenski P.R. Elevated intracranial pressure detected by bedside emergency ultrasonography of optic nerve sheath. *Acad. Emerg. Med.* 2003; 10 (4): 376–381. PMID: 12670853.
15. Geeraerts T., Merceron S., Benhamou D., Vigué B., Duranteau J. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. *Intensive Care Med.* 2008; 34 (11): 2062–2067. DOI: 10.1007/s00134-008-1149-x.
16. Kimberly H.H., Shah S., Marill K., Noble V. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. *Acad. Emerg. Med.* 2008; 15 (2): 201–204. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2007.00031.x.



17. Tayal V.S., Neulander M., Norton H.J., Foster T., Saunders T., Blaivas M. Emergency department sonographic measurement of optic nerve sheath diameter to detect findings of increased intracranial pressure in adult head injury patients. *Ann. Emerg. Med.* 2007; 49 (4): 508–514. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2006.06.040.

References

1. Bratton S.L., Chesnut R.M., Ghajar J. et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. VI. Indications for intracranial pressure monitoring. *J. Neurotrauma.* 2007; 24, Suppl. 1: S37–S44.
2. Krylov V.V., Petrikov S.S., Solodov A.A., Talipov A.E., Puras J.V., Titova J.V., Khamidova L.T., Kutrovskaya N.Y. Diagnosis and treatment of intracranial hypertension in patients with intracranial hemorrhage. Methodical recommendations. №5. M., 2010. 21 p. (In Russian)
3. Krylov V.V., Petrikov S.S., Solodov A.A. Intracranial hypertension. M.: Binom. 216 p. (In Russian)
4. Krylov V.V., Petrikov S.S., Belkin A.A. Lectures on neuroreanimation: a study guide. M.: Medicine, 2009. 192 p. (In Russian)
5. Krylov V.V., Petrikov S.S., Ramazanov G.R., Solodov A.A. Neuroreanimation: a practical guide. 2-nd ed., revised and enlarged. Moscow: GEOTAR-Mediya, 2016. 176 p. (In Russian)
6. Krylov V.V., Petrikov S.S., Solodov A.A., Titova J.V., Romasenko M.V., Levina O.A., Efremenko S.V., Aleschenko E.I., Hamidova L.T. Principles of intensive care of patients with subarachnoid hemorrhages after cerebral aneurysms rupture. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2013; 4: 48–52. (In Russian)
7. Puras Y.V., Talypov A.E., Krylov V.V. Outcomes in patients with brain trauma associated with extracranial injuries on in-hospital stage of medical care. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2013; 1: 38–45. (In Russian)
8. Karpunin A.Y., Petrikov S.S., Khamidova L.T., Krylov V.V. Effect of cerebral vasospasm on disease outcomes in patients with severe traumatic brain injury. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2016; 3: 49–54. (In Russian)
9. Puras J.V. The surgical methods for treatment of intracranial hypertension at patients with severe head injury. *Russian Journal of Neurosurgery.* 2013; 4: 79–90. DOI:10.17650/1683-3295-2013-0-4-79-90. (In Russian)
10. Krilov V.V., Talypov A.E., Puras Y.V. Intracranial pressure in patients with cerebral injury. *Russian J. Neurosurg.* 2007; 4: 12–19. (In Russian)
11. Liu D., Kahn M. Measurement and relationship of subarachnoid pressure of the optic nerve to intracranial pressures in fresh cadavers. *Am. J. Ophthalmol.* 1993; 116: 548–556. PMID: 8238213.
12. Hansen H.C., Helmke K. The subarachnoid space surrounding the optic nerves. An ultrasound study of the optic nerve sheath. *Surg. Radiol. Anatomy.* 1996; 18 (4): 323–328. PMID: 8983112.
13. Hansen H.C., Helmke K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J. Neurosurg.* 1997; 87: 34–40. DOI: 10.3171/jns.1997.87.1.0034.
14. Blaivas M., Theodoro D., Sierzenski P.R. Elevated intracranial pressure detected by bedside emergency ultrasonography of optic nerve sheath. *Acad. Emerg. Med.* 2003; 10 (4): 376–381. PMID:12670853.
15. Geeraerts T., Merceron S., Benhamou D., Vigué B., Duranteau J. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. *Intensive Care Med.* 2008; 34 (11): 2062–2067. DOI: 10.1007/s00134-008-1149-x.
16. Kimberly H.H., Shah S., Marill K., Noble V. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. *Acad. Emerg. Med.* 2008; 15 (2): 201–204. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2007.00031.x.
17. Tayal V.S., Neulander M., Norton H.J., Foster T., Saunders T., Blaivas M. Emergency department sonographic measurement of optic nerve sheath diameter to detect findings of increased intracranial pressure in adult head injury patients. *Ann. Emerg. Med.* 2007; 49 (4): 508–514. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2006.06.040.

Для корреспонденции*: Андрейцева Марина Игоревна – 129090 Москва, Бол. Сухаревская площадь, 3. Тел.: +7-915-297-33-43.
E-mail: andreitseva.m@yandex.ru

Петриков Сергей Сергеевич – доктор мед. наук, профессор РАН, директор ГБУЗ “НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ”, руководитель регионального сосудистого центра НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, профессор кафедры нейрохирургии и нейрореанимации МГМСУ им. А.И. Евдокимова, Москва.

Андрейцева Марина Игоревна – младший научный сотрудник отделения неотложной неврологии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва.

Хамидова Лайла Тимарбековна – канд. мед. наук, руководитель отделения ультразвуковой и функциональной диагностики НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва.

Солодов Александр Анатольевич – канд. мед. наук, заместитель директора КМЦ МГМСУ им. А.И. Евдокимова по научной работе, доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной медицины ФДПО МГМСУ им. А.И. Евдокимова, Москва.

Contact*: Marina I. Andreitseva – 129090 Moscow, Bolshaya Sukharevskaya Square, 3. Phone: +7-915-297-33-43.
E-mail: andreitseva.m@yandex.ru

Sergey S. Petrikov – Professor of the Russian Academy of Sciences, doct. of med. sci., Director of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, the Head of the regional vascular center in the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Professor of the Department of Neurosurgery and Neuroreanimation Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.



Marina I. Andreitseva – junior researcher in the Department of Emergency Neurology N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow.

Laila T. Khamidova – cand. of med. sci., Head of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics in N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of Health Department, Moscow.

Alexander A. Solodov – cand. of med. sci., Deputy Director of the Clinical medical center of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation for scientific work, associate professor of the Department of Anesthesiology, Reanimatology and Urgent Medicine Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry” of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

Поступила в редакцию 04.06.2018.
Принята к печати 02.07.2018.

Received on 04.06.2018.
Accepted for publication on 02.07.2018.