DOI: 10.23934/2223-9022-2018-7-4-349-356

Ультразвуковое исследование структур канала зрительного нерва в диагностике внутричерепной гипертензии у больных с внутричерепными кровоизлияниями

М.И. Андрейцева^{1*}, С.С. Петриков^{1, 2}, Л.Т. Хамидова¹, А.А. Солодов^{1, 2, 3}

Отделение неотложной неврологии

¹ ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»

Российская Федерация, 129090 Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3

² ФГБОУ ВПО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения РФ

Российская Федерация, 127473 Москва, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1

³ Клинический медицинский центр ФГБОУ ВПО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения РФ
Российская Федерация, 111398 Москва, ул. Кусковская, вл. 1А, стр. 4

* Контактная информация: Андрейцева Марина Игоревна, младший научный сотрудник отделения неотложной неврологии НИИ СП им. Н.В. Склифосовского. E-mail: andreitseva.m@yandex.ru

РЕЗЮМЕ

Внутричерепная гипертензия (ВЧГ) — частое и грозное осложнение, возникающее у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой (ЧМТ) и нетравматическим повреждением головного мозга. Персистирующая ВЧГ значительно ухудшает прогноз течения заболевания и в несколько раз увеличивает риск развития неблагоприятного исхода. В связи с этим одной из основных задач интенсивной терапии больных с внутричерепными кровоизлияниями (ВЧК) является диагностика и своевременная коррекция ВЧГ. Золотым стандартом остается инвазивный мониторинг внутричерепного давления (ВЧД). К достоинствам прямого измерения ВЧД относят точность и непрерывность регистрации. Недостатками являются инвазивность метода, дороговизна, риск развития инфекционных и геморрагических осложнений, возможность дислокации датчиков. Необходим поиск метода неинвазивной оценки уровня ВЧГ, в наибольшей степени коррелирующего с данными прямого измерения ВЧД. Таким альтернативным дешевым способом оценки ВЧД может быть ультразвуковое исследование (УЗИ) структур зрительного нерва (ЗН). Его преимуществами является возможность многократного динамического применения, отсутствие необходимости в проведении оперативного вмешательства, простота и высокая точность измерения. Однако результаты, полученные при УЗИ, могут быть вариабельными, так как данный метод является операторзависимым и требует точного соблюдения техники выполнения исследования. При проведении УЗИ ЗН на переднелатеральную поверхность закрытого верхнего века наносят контактный гель для УЗ-исследований, выводят плоскость сканирования позади глазного яблока для визуализации в центральной части УЗ-изображения ЗН, хрусталика и сетчатки глаза. Для визуализации вертикального хода глазной артерии (и, соответственно, вертикального хода ЗН) используют режим цветового доплеровского картирования. В исследование входит измерение диаметра ЗН и диаметра оболочки ЗН (ДОЗН). Между ЗН и его оболочкой располагается субарахноидальное пространство с цереброспинальной жидкостью. При повышении ВЧД происходит расширение этого пространства, то есть расширение ДОЗН. Представленная статья содержит анализ литературных источников, описывающих анатомию ЗН и различных методик УЗИ, а также данные разных авторов о пороговом значении ДОЗН.

Ключевые слова:

внутричерепная гипертензия, внутричерепное давление, оболочка зрительного нерва, ультразвуковое исследование, черепно-мозговая травма, субарахноидальное кровоизлияние, внутричерепное кровоизлияние

Ссылка для цитирования

Андрейцева М.И., Петриков С.С., Хамидова Л.Т., Солодов А.А. Ультразвуковое исследование структур канала зрительного нерва в диагностике внутричерепной гипертензии у больных с внутричерепными кровоизлияниями (обзор литературы и критический анализ). Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь. 2018; 7(4): 349–356. DOI: 10.23934/2223-9022-2018-7-4-349-356

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарности

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ВЧГ — внутричерепная гипертензия
ВЧД — внутричерепное давление
ВЧК — внутричерепное кровоизлияние
ДЗН — диаметр зрительного нерва
ДОЗН — диаметр оболочки зрительного нерва

ЗН — зрительный нерв
УЗИ — ультразвуковое исследование
ЦДК — цветовое доплеровское картирование
ЦСЖ — цереброспинальная жидкость
ЧМТ — черепно-мозговая травма

Внутричерепное давление (ВЧД) представляет собой разницу между давлением в полости черепа и атмосферным давлением [1–3]. Основной объем в полости черепа занимает вещество головного мозга (до 85%), спинномозговая жидкость (5–7%) и кровь (5%). Динамический баланс этих компонентов и резервных внутричерепных пространств обеспечивает поддержание ВЧД в нормальных пределах 3–15 мм рт.ст. [1, 4, 5]. Появление в полости черепа дополнительных объемов (гематомы, опухоли, очаги ишемии, абсцессы) или увеличение в объеме основных компонентов (отек головного мозга, гидроцефалия) могут привести к повышению ВЧД [6–10]. Стойкое повышение ВЧД до 20 мм рт.ст. и более, продолжающееся более 5 мин, считают внутричерепной гипертензией (ВЧГ) [11]. ВЧГ приводит к дислокации и ущемлению структур мозга, нарушению его кровоснабжения и оксигенации, что значительно ухудшает состояние больного [1–4]. По данным различных исследований, у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой (ЧМТ) стойкое повышение ВЧД сопровождается ростом летальности до 92% [12, 13]. В связи с этим важной задачей интенсивной терапии пациентов с повреждением головного мозга является своевременная диагностика и адекватная коррекция повышенного ВЧД [3, 4, 14].

Наиболее точным методом измерения ВЧД является установка датчиков в желудочки или вещество головного мозга [1, 15, 16]. К достоинствам прямого измерения ВЧД относят точность и непрерывность регистрации. Недостатками являются инвазивность метода, дороговизна, риск развития инфекционных и геморрагических осложнений и возможность дислокации датчиков [2, 11].

В настоящее время предпринимаются попытки создать альтернативные неинвазивные методы динамической оценки уровня ВЧД, которые должны отвечать следующим требованиям: 1) наличие корреляции с данными прямого измерения ВЧД, 2) возможность многократного динамического применения, 3) отсутствие необходимости в проведении оперативного вмешательства, 4) простота и высокая точность измерения [17]. Одним из таких методов может быть ультразвуковое исследование (УЗИ) зрительного нерва (ЗН). Однако УЗИ является операторзависимой методикой и требует соблюдения всех правил выведения объекта для визуализации и измерения структур ЗН для правильной интерпретации результатов [17].

АНАТОМИЯ СТРУКТУР КАНАЛА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА

Зрительный нерв, как и головной мозг, окружен тремя мозговыми оболочками. Комплекс структур ЗН состоит из зрительного нерва, являющегося продолжением белого мозгового вещества и оболочек ЗН, которые образуют наружное и внутреннее влагалище ЗН. Наружное влагалище образовано твердой мозговой оболочкой, внутреннее — состоит из паутинной и мягкой мозговой оболочек и непосредственно окружает ствол ЗН. Между наружным и внутренним влагалищами располагается субарахноидальное пространство [18]. Длина ЗН составляет 40 мм, средний диаметр ЗН (ДЗН) — 3,0 мм, средняя толщина твердой мозговой оболочки — 0,3 мм, субарахноидальное пространство между ЗН и его оболочкой — 0,1 мм [19]. Пространство между ЗН и его твердой мозговой оболочкой занимают цереброспинальная жидкость (ЦСЖ) объемом в 0,1 мл и комплекс структур из трабекул, септ и столбов. Диаметр комплекса структур ЗН (диаметр

Рис. 1. Комплекс структур зрительного нерва (схема): 1 — твердая оболочка зрительного нерва; 2 — субарахноидальное пространство; 3 — зрительный нерв, окруженный мягкой и паутинной мозговыми оболочками
Fig. 1. The complex of the optic nerve structures (scheme): 1 — sheath of the optic nerve; 2 — subarachnoid space; 3 — optic nerve

оболочек ЗН (ДОЗН), который определяется как длина отрезка между твердыми мозговыми оболочками ЗН, проходящего через центр ЗН) составляет около 4,0 мм (рис. 1) [20].

Нормальные значения ДОЗН у пациентов в возрасте до 1 года составляют 4,5 мм, у больных старше 1 года — 5,0 мм [21–25]. Повышение ВЧД может приводить к расширению оболочки ЗН [20–25].

ДИАМЕТР ОБОЛОЧКИ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ ВНУТРИЧЕРЕПНОГО ДАВЛЕНИЯ

Впервые наличие связи между ВЧД и состоянием ДОЗН было показано в экспериментальной работе S.S. Hayreh (1964) на 32 макаках резус. Исследователь имплантировал резиновый баллон в субдуральное пространство головного мозга животных и раздувал его, проводя при этом измерения ВЧД. Автор отметил прямую зависимость между скоростью раздувания баллона и выраженностью отека диска ЗН. S.S. Hayreh установил, что ретробульбарная часть периорбитального субарахноидального пространства является эластичной и может растягиваться при повышении ВЧД, которое передается на оболочку ЗН по субарахноидальному пространству головного мозга, приводит к набуханию диска ЗН и его отеку [26].

H.C. Helmke и K.A. Hansen (1996) при помощи сонографического метода диагностики изучили 20 препаратов трупных ЗН до и после введения в субарахноидальное пространство ЗН 20% раствора желатина, разогретого до 40°C. После введения желатина происходило расширение оболочки ЗН. Исследователи измерили ДОЗН и выявили, что на расстоянии 3 мм позади сетчатки (луковичный сегмент) он увеличивался в 60%, а на расстоянии 10 мм — в 35% наблюдений. Таким образом, авторы выявили, что на расстоянии 3 мм позади сетчатки глазного яблока расположен наиболее податливый для расширения сегмент ЗН, а продольная плоскость УЗ-сканирования является оптимальной для измерения [22]. H.C. Helmke и K.A. Hansen (1997) обследовали 12 пациентов с различной неврологической патологией. Всем пациентам проводили УЗИ ЗН, выполняли люмбальную пункцию. Пациенты были разделены на две группы: в первой группе давление ЦСЖ было 20 мм рт.ст. и менее, во второй — более 20 мм рт.ст. У пациентов первой группы ДОЗН составил 3,3–5,4 мм, во второй — 3,5–6,1 мм.

Увеличение ДОЗН до 5 мм и более авторы наблюдали чаще у пациентов с давлением ЦСЖ более 20 мм рт.ст. Таким образом, при диагностике повышенного давления ЦСЖ значение ДОЗН в 5,0 мм было принято за верхнюю границу нормы. В ходе исследования была зафиксирована строгая линейная зависимость между давлением в ЦСЖ и ДОЗН [23].

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУР ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА

В 1970 г. К.С. Ossoing впервые продемонстрировал при помощи А-режима УЗ-сканирования, что субстанция ЗН выглядит гомогенной со слабоинтенсивным эхо-сигналом в сравнении с высокоинтенсивным сигналом от оболочки ЗН [27]. В следующем десятилетии была введена в клиническую практику техника УЗИ ЗН с помощью В-режима, что позволило измерять диаметр ЗН и диаметр его оболочки на необходимом расстоянии позади сетчатки глазного яблока.

О. Berges et al. (2006) описали нормальную эхо-картину структур ЗН (от центра к периферии): гипозоногенные нервные волокна тесно окружены экзогенной мягкой и паутинной мозговыми оболочками, поверх которых располагается гипозоногенное субарахноидальное пространство ЗН, окруженное анэхогенной твердой мозговой оболочкой (рис. 2, 3) [28].

Методика ультразвукового исследования зрительного нерва:

При проведении УЗИ ЗН используют линейный датчик с частотой 7,5–14 МГц, программу «малые органы» или «поверхностные», УЗ-фокус располагают на ретробульбарном пространстве, глубина сканирования — 5–8 см [22–24]. Акустическую мощность прибора уменьшают до минимума (около 30–40%) для предотвращения повреждения хрусталика. Для предупреждения местного термального воздействия на ткани значения теплового и механического индексов устанавливают менее 1,0, а продолжительность УЗИ не должна превышать 5 мин для каждого глазного яблока [29]. На переднелатеральную поверхность закрытого верхнего века наносят контактный гель для УЗ-исследований либо на верхнее веко закрытого глаза накладывают пищевую пленку, поверх которой наносят гель (рис. 4). Выводят плоскость сканирования позади глазного яблока для визуализации в полном объеме ЗН, хрусталика и сетчатки глаза. Измерение ДОЗН проводят на расстоянии 3 мм позади сетчатки с использованием электронного измерителя в качестве перпендикуляра к аксиальной проекции [22–24]. Средние данные ДОЗН, полученные путем повторных 3–4-кратных измерений, регистрируют на обоих глазах. Каждый ЗН измеряют в двух проекциях: вертикальной и горизонтальной. Если ЗН визуализируется не в центральной части изображения позади сетчатки, а на периферии с линейным гипозоногенным артефактом от решетчатой пластинки, то такое изображение не учитывают, так как значение ДОЗН может быть завышено.

ДИАГНОСТИКА ВНУТРИЧЕРЕПНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА

Появление современных УЗ-аппаратов и широкое внедрение в практику мониторинга ВЧД позволило оценить изменения оболочки ЗН при различных уровнях ВЧД. Максимальные усилия исследователей были сконцентрированы на определении пороговых значений ДОЗН при ВЧД 20 мм рт.ст. и более [23, 30, 31].

Рис. 2. Визуализация зрительного нерва при ультразвуковом исследовании. 1 — точка в 3 мм позади сетчатки для оценки диаметра оболочки зрительного нерва; 2 — диаметр твердой мозговой оболочки зрительного нерва; 3 — диаметр зрительного нерва

Fig. 2. Visualization of the optic nerve by ultrasound. 1 — the point 3 mm behind the retina for assessment of ONSD; 2 — diameter of the sheath of the optic nerve; 3 — diameter of the optic nerve

Рис. 3. Схема ультразвукового исследования глазного яблока, структур зрительного нерва [24]

Fig. 3. The pattern of ultrasound examination of the eye ball, structures of the optic nerve [24]

Рис. 4. Ультразвуковое исследование зрительного нерва. Стрелкой указано расположение линейного датчика при ультразвуковом исследовании на закрытом верхнем веке

Fig. 4. The ultrasound examination of the optic nerve. The arrow indicates the location of the linear sensor on the closed upper eyelid

T. Geeraerts et al. (2008) провели проспективное исследование у 37 пациентов с тяжелой ЧМТ, нетравматическими субарахноидальными кровоизлияниями

и внутричерепными гематомами. Всем больным мониторовали ВЧД, а также измеряли ДОЗН и диаметр ЗН. Значение уровня ВЧД составило $24,8 \pm 16$ мм рт.ст.; ДОЗН — $5,99 \pm 0,40$ мм; диаметра ЗН — $4,53 \pm 0,33$ мм. Была выявлена тесная статистически значимая корреляция между ДОЗН и уровнем ВЧД. Авторы установили пороговое значение ДОЗН для ВЧД, превышающего 20 мм рт.ст. — 5,86 мм. Диаметр ЗН не коррелировал с уровнем ВЧД [30].

R. Moretti et al. (2009) обследовали 53 больных с субарахноидальными кровоизлияниями, тяжелой ЧМТ и 53 пациента без патологии головного мозга (контрольная группа). Всем больным проводили УЗИ ЗН, пациентам с повреждением головного мозга инвазивно мониторовали ВЧД. У 19 пациентов с зарегистрированным повышением ВЧД до 20 мм рт.ст. и более ДОЗН составил $6,2 \pm 0,6$ мм, у 34 больных без ВЧГ — $5,0 \pm 0,5$ мм, а в контрольной группе — $4,9 \pm 0,4$ мм. Пороговое значение ДОЗН для диагностики ВЧГ составило 5,2 мм [32].

Данные о пороговом значении ДОЗН, представленные в литературе, значительно варьируют (табл. 1). Наибольшее значение получили M. Siranovic et al. (2011), в работе которых ДОЗН составил 6,1 мм ($n=41$), наименьшее — L. Wang et al. (2015) — 4,1 мм ($n=279$) [33, 34].

Большинство авторов (37,5%) считают пороговым значением ДОЗН 5,0 мм, 29,1% — 5,5–6,0 мм, 16,7% авторов — 5,0–5,4 мм, а 8,3% — 4,5–5,0 мм. Лишь в одной работе (4,2%) пороговым значением ДОЗН рекомендовано считать 4,1 мм, и в одной работе (4,2%) — 6,1 мм. Различия в интерпретации полученных данных связаны с недостаточным количеством измерений ДОЗН у одного пациента (они не всегда проводились более 1 раза). Более точной была информация о среднем значении ДОЗН, полученная путем 2- или 3-кратного повторения исследования [22–24].

Еще одним фактором, влияющим на пороговое значение ДОЗН, является неточность измерения, связанная с ошибочным прибавлением к ДОЗН ширины тени артефакта от решетчатой пластинки или измерение оболочки ЗН в области его изгиба, то есть получение заведомо большего размера [39].

R. Copetti и L. Cattarossi (2009) вступили в полемику с T. Geeraerts. Суть дискуссии состояла в том, что T. Geeraerts при измерении ДОЗН не был учтен ход ЗН, измерение было выполнено не строго перпендикулярно, что привело к завышению значений ДОЗН. По мнению R. Copetti и L. Cattarossi, для определения направления хода ЗН могла помочь визуализация глазной артерии с помощью режима цветового доплеровского картирования (ЦДК) [50]. Так как глазная артерия идет в структуре канала ЗН, соответственно ее визуализация позволяет верно провести абсолютный перпендикуляр к ЗН. Использование такого дополнительного режима при УЗИ ЗН позволяет унифицировать методику и привести к однообразию.

Проанализировав 24 источника, приведенных в табл. 1, только в 14 мы обнаружили сканы УЗ-изображений измерений ДОЗН. При этом в 5 работах качество изображения было недостаточным для проведения их интерпретации. При оценке доступных информационных ресурсов мы выявили, что в 2 исследованиях ДОЗН существенно завышен (5,7–5,8 мм) [50], а в работе V. Rajajee et al. (2011) показатель ДОЗН был занижен (4,8 мм), так как авторы при измерении не учитывали одну из оболочек ЗН [17].

Таблица 1

Пороговое значение диаметра оболочки зрительного нерва для диагностики внутричерепного давления — 20 мм рт.ст. и более

Table 1

The threshold value of the optic nerve sheath diameter for the diagnosis of intracranial pressure 20 mm Hg and higher

Авторы	Число больных	Пороговое значение диаметра оболочки зрительного нерва, мм	Чувствительность, %	Специфичность, %
H.C. Hansen, K. Helmke, 1997 [23]	39	5		
M. Blaivas et al., 2003 [25]	35	5,0	100	95
T. Geeraerts et al., 2007 [31]	31	5,7	100	
V.S. Tayal et al., 2007 [24]	59	5	100	63
H.H. Kimberly et al., 2008 [35]	15	5	88	93
T. Soldatos et al., 2008 [36]	76	5,7	74	100
T. Geeraerts et al., 2008 [30]	37	5,9	90	84
R.S. Goel et al., 2008 [37]	100	5	98,6	92,8
R. Moretti et al., 2009 [32]	53	5,2	93	74
R. Moretti et al., 2009 [38]	63	5,2	94	76
J. Bauerle et al., 2011 [39]	10	5,8	90	84
V. Rajajee et al., 2011 [17]	65	4,8	96	94
A. Strumwasser et al., 2011 [40]	10	6	26	38
A. Amini et al., 2013 [41]	50	5,5	100	100
H. Qayyum et al., 2013 [42]	24	5	100	75
T.S. Caffery et al., 2014 [43]	51	5	75	44
C.G. Shirodkar et al., [44]	101	4,6 (для мужчин) 4,8 (для женщин)	84,6 75	100 100
M. Mehrpour, 2015 [45]	32	5,7	100	
L. Wang et al., 2015 [34]	279	4,1	95	92
R. Major et al., 2011 [46]	26	5	86	100
M. Siranovic et al., 2011 [33]	20	6,1	100	83
E. Flumin et al., 2014 [47]	27	5,2	83,3	100
J.M. Maissan et al., 2015 [48]	18	5,0	94	98
M. Raffiz et al., 2017 [49]	41	5,2	95,8	80,4

Только в 6 статьях были приведены качественные фотографии УЗ-изображений структур ЗН, на которых измерения ДОЗН проведены корректно. J. Bauerle et al. (2011) при исследовании соблюдали все тонкости методики УЗИ ЗН: отсутствие артефактов, правильное выведение и перпендикулярное измерение. В их работе пороговое значение ДОЗН составило 5,8 мм, но измерения были выполнены только у 10 пациентов с ВЧГ [39].

Приведенные в последних 6 работах пороговые значения ДОЗН составили от 4,6 до 5,8 мм. В остальных 10 из 24 статей фотографии УЗ-изображений не приведены, что не позволяет провести более детальный анализ причин разнородности данных о пороговом значении ДОЗН.

В связи с высокой операторзависимостью метода недостатком предоставленных работ является отсутствие информации о том, какие специалисты выполняли УЗИ ЗН: лучевой диагностики, анестезиологи-реаниматологи или лаборанты.

Ни в одной из приведенных статей не было динамических исследований по измерению ДОЗН на протяжении нескольких суток после операции или травмы. Всеми авторами были выполнены 1–2-кратные исследования в течение одних суток у одного пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов В.В., Петриков С.С., Солодов А.А. и др. Диагностика и лечение внутричерепной гипертензии у больных с внутричерепными кровоизлияниями: метод. рек. №5. М., 2011.
2. Крылов В.В., Петриков С.С., Солодов А.А. Внутричерепная гипертензия. М.: Бином, 2016. 216 с.
3. Крылов В.В., Петриков С.С. Нейрореанимация. Практическое руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 173 с.
4. Крылов В.В., Петриков С.С., Белкин А.А. Лекции по нейрореанимации: учеб. пособие. М.: Медицина, 2009. 192 с.
5. Крылов В.В., Петриков С.С., Рамазанов Г.Р., Солодов А.А. Нейрореаниматология: практ. руководство. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 176 с.
6. Пурас Ю.В. Хирургические методы лечения внутричерепной гипертензии при тяжелой черепно-мозговой травме: обзор литературы. Нейрохирургия. 2013; (4): 79–90.
7. Крылов В.В., Талыпов А.Э., Пурас Ю.В. Внутричерепное давление при повреждениях головного мозга. Нейрохирургия. 2007; (4): 12–19.
8. Крылов В.В., Петриков С.С., Солодов А.А. и др. Внутричерепная гипертензия у больных с внутричерепными кровоизлияниями. Диагностика и лечение. Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». 2012; (4): 44–50.
9. Dunn L.T. Raised intracranial pressure. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. 2002; 73 (Suppl. 1): i23–27. PMID: 12185258.
10. Sahuquillo J., Poca M.A., Aribas M., et al. Interhemispheric supratentorial intracranial pressure gradients in head-injured patients: are they clinically important? J. Neurosurg. 1999; 90(1): 16–26. DOI:10.3171/jns.1999.90.1.0016.
11. 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. PMID: 17511544. DOI: 10.1089/neu.2007.9990.
12. Rosner M.J., Becker D.P. ICP monitoring: complications and associated factors. Clin. Neuro-surg. 1976; 23: 494–519. PMID: 975699.
13. Miller M.D., Butterworth J.F., Gudeman S.K., et al. Further experience in the management of severe head injury. J. Neurosurg. 1981; 54(3): 289–299. DOI: 10.3171/jns.1981.54.3.0289.
14. Крылов В.В., Петриков С.С., Солодов А.А. и др. Принципы интенсивной терапии больных с субарахноидальными кровоизлияниями вследствие разрыва аневризм головного мозга. Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». 2013. (4): 48–52.
15. Петриков С.С., Крылов В.В., Солодов А.А. и др. Нейромониторинг у больных с нейрохирургической патологией. В кн.: Крылов В.В. (ред.) Нейрохирургия и нейрореаниматология. М.: АБВ-пресс, 2018. Гл. 30: 677–698.
16. Miller J.D., Becker D.P. Secondary insults to the injured brain. J. R. Coll. Surg. Edinb. 1982; 27(5): 292–298. PMID: 7143298.
17. Rajasee V., Vanaman M., Fletcher J.J., Jacobs T.L. Optic Nerve Ultrasound for the Detection of Raised Intracranial Pressure. Neurocrit Care. 2011; 15(3): 506–515. PMID: 21769456. DOI: 10.1007/s12028-011-9606-8.
18. Barr R., Gean A. Craniofacial trauma. In: Brant W., Helms C. (eds.) Fundamentals of radiology. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999: 49–61.
19. Spencer W.H. Ophthalmic pathology: an atlas and textbook. 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1986: 2337–2458.
20. 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.
21. Tsung J.W., Blaivas M., Cooper A., Levick N.R. A rapid noninvasive method of detecting elevated intracranial pressure using bedside ocular ultrasound: application to 3 cases of head trauma in the

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внутричерепная гипертензия является грозным осложнением, возникающим у пациентов с травматическим и нетравматическим повреждением головного мозга и значительно ухудшает прогноз течения заболевания. Одной из основных задач интенсивной терапии больных с внутричерепным кровоизлиянием является диагностика и коррекция внутричерепной гипертензии. Ультразвуковое исследование зрительного нерва может быть альтернативным неинвазивным методом измерения внутричерепного давления. Однако для широкого внедрения метода в клиническую практику необходимы дополнительные исследования.

22. Helmke K., Hansen H.C. Fundamentals of transorbital sonographic evaluation of optic nerve sheath expansion under intracranial hypertension. I. Experimental study. Pediatr. Radiol. 1996; 26(10): 701–705. PMID: 8805599.
23. 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(1): 34–40. PMID: 9202262. DOI: 10.3171/jns.1997.87.1.0034.
24. Tayal V.S., Neulander M., Norton H.J., et al. 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. PMID: 16997419. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2006.06.040.
25. 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.
26. Hayreh S.S. Pathogenesis of oedema of the optic disc (papilloedema). A preliminary report. Br. J. Ophthalmol. 1964; 48: 522–543. PMID: 14221776.
27. Ossining K.C. Standardized echography: basic principles, clinical applications, and results. Int. Ophthalmol. Clin. 1979; 19 (4): 127–210. PMID: 395120.
28. Berges O., Koskas P., Lafitte F., Piekarski J.D. Sonography of the eye and orbit with a multi-purpose ultrasound unit. J. Radiol. 2006; 87(4, Pt.1): 345–353. PMID: 16691161.
29. Section 7-discussion of the mechanical index and other exposure parameters. American Institute of Ultrasound in Medicine. J. Ultrasound. Med. 2000; 19(2): 143–148, 154–168. PMID: 10680619.
30. Geeraerts T., Merceron S., Benhamou D., et al. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. Intensive Care Med. 2008; 34(11): 2062–2067. PMID: 18509619. DOI: 10.1007/s00134-008-1149-x.
31. Geeraerts T., Launey Y., Martin L., et al. Ultrasonography of the optic nerve sheath may be useful for detecting raised intracranial pressure after severe brain injury. Intensive Care Med. 2007; 33 (10): 1704–1711. PMID: 17668184. DOI: 10.1007/s00134-007-0797-6.
32. Moretti R., Pizzi B. Optic nerve ultrasound for detection of intracranial hypertension in intracranial hemorrhage patients: confirmation of previous findings in a different patient population. J. Neurosurg. Anesthesiol. 2009; 21(1): 16–20. PMID: 19098619. DOI: 10.1097/ANA.0b013e318185996a.
33. Siranovic M., Turkovic T.M., Gopcevic A., et al. Comparison of ultrasonographic of optic nerve sheath diameter (ONSD) versus direct measurement of intracranial pressure (ICP) in traumatic brain injury patients. Signa Vitae. 2011; 6(1): 33–35. DOI: 10.22514/SV61.042011.5.
34. Wang L., Feng L., Yao Y., et al. Optimal optic nerve sheath diameter threshold for the identification of elevated opening pressure on lumbar puncture in a Chinese population. PLoS One. 2015; 10(2): e0117939. PMID: 25664663. PMCID: PMC4322040. DOI: 10.1371/journal.pone.0117939 eCollection 2015.
35. 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. PMID: 18275454. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2007.00031.x.
36. Soldatos T., Karakitsos D., Chatzimichail K., et al. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain injury. Crit. Care. 2008; 12(3): R67. PMID: 18477382. DOI: 10.1186/cc6897.
37. Goel R.S., Goyal N.K., Dharap S.B., et al. Utility of optic nerve ultrasonography in head injury. Injury. 2008; 39(5): 519–524. PMID: 18325519. DOI: 10.1016/j.injury.2007.09.029.

38. Moretti R., Pizzi B., Cassini F., Vivaldi N. Reliability of optic nerve ultrasound for the evaluation of patients with spontaneous intracranial hemorrhage. *Neurocrit. Care.* 2009; 11(3): 406–410. PMID: 19636971. DOI: 10.1007/s12028-009-9250-8.
39. Bäuerle J., Nedelmann M. Sonographic assessment of the optic nerve sheath in idiopathic intra-cranial hypertension. *J. Neurol.* 2011; 258(11): 2014–2019. PMID: 21523461. DOI: 10.1007/s00415-011-6059-0.
40. Strumwasser A., Kwan R.O., Yeung L., et al. Sonographic optic nerve sheath diameter as an estimate of intracranial pressure in adult trauma. *J. Surg. Res.* 2011; 170(2): 265–271. PMID: 21550065. DOI: 10.1016/j.jss.2011.03.009.
41. Amini A., Kariman H., Arhami Dolatabadi A., et al. Use of the sonographic diameter of optic nerve sheath to estimate intracranial pressure. *Am J Emerg Med.* 2013; 31(1): 236–239. PMID: 22944553. DOI: 10.1016/j.ajem.2012.06.025.
42. Qayyum H., Ramlakhan S. Can ocular ultrasound predict intracranial hypertension? A pilot diagnostic accuracy evaluation in a UK emergency department. *Eur. J. Emerg. Med.* 2013; 20(2): 91–97. PMID: 22327166. DOI: 10.1097/MEJ.0b013e32835105c8.
43. Caffery T.S., Perret J.N., Musso M.W., Jones G.N. Optic nerve sheath diameter and lumbar puncture opening pressure in nontrauma patients suspected of elevated intracranial pressure. *Am. J. Emerg. Med.* 2014; 32(12): 1513–1515. PMID: 25284485. DOI: 10.1016/j.ajem.2014.09.014.
44. Shirodkar C.G., Rao S.M., Mutkule D.P., et al. Optic nerve sheath diameter as a marker for evaluation and prognostication of intracranial pressure in Indian patients: An observational study. *Indian J. Crit. Care Med.* 2014; 18(11): 728–734. PMID: 25425840. PMCID: PMC4238090. DOI: 10.4103/0972-5229.144015.
45. Mehrpour M., Oliaee Torshizi F., Esmaeeli S., et al. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of pseudopapilledema and raised intracranial pressure: a cross-sectional study. *Neurol. Res. Int.* 2015; 2015: 146059. PMID: 25874128. PMCID: PMC4385686. DOI: 10.1155/2015/146059.
46. Major R., Girling S., Boyle A. Ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter in patients with clinical suspicion of raised intracranial pressure. *Emerg. Med. J.* 2011; 28(8): 679–681. PMID: 20713366. DOI: 10.1136/emj.2009.087353.
47. Frumin E., Schlang J., Wiechmann W., et al. Prospective analysis of single operator sonographic optic nerve sheath diameter measurement for diagnosis of elevated intracranial pressure. *West J. Emerg. Med.* 2014; 15(2): 217–220. PMID: 24672615. PMCID: PMC3966440. DOI: 10.5811/westjem.2013.9.16191.
48. Maissan I.M., Dirven P.J., Haitsma I.K., et al. Ultrasonographic measured optic nerve sheath diameter as an accurate and quick monitor for changes in intracranial pressure. *J. Neurosurg.* 2015; 123(3): 743–747. PMID: 25955869. DOI: 10.3171/2014.10.JNS141197.
49. Raffiz M., Abdullah J.M. Optic nerve sheath diameter measurement: a means of detecting raised ICP in adult traumatic and non-traumatic neurosurgical patients. *Am. J. Emerg. Med.* 2017; 35(1): 150–153. PMID: 27852525. DOI: 10.1016/j.ajem.2016.09.044.
50. Copetti R., Cattarossi L. Optic nerve ultrasound artifacts and real images. *Intensive Care Med.* 2009; 35(8): 1488–1489. PMID: 19367390. DOI: 10.1007/s00134-009.

REFERENCES

1. Krylov V.V., Petrikov S.S., Solodov A.A., et al. *Diagnosis and treatment of intracranial hypertension in patients with intracranial hemorrhages.* Moscow, 2011. (In Russian).
2. Krylov V.V., Petrikov S.S., Solodov A.A. *Intracranial hypertension.* Moscow: Binom Publ., 2016. 216 p. (In Russian).
3. Krylov V.V., Petrikov S.S. *Neuro-Resuscitation.* Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2010. 173 p. (In Russian).
4. Krylov V.V., Petrikov S.S., Belkin A.A. *Lectures on neuro-resuscitation.* Moscow: Meditsina Publ., 2009. 192 p. (In Russian).
5. Krylov V.V., Petrikov S.S., Ramazanov G.R., Solodov A.A. *Neuro-Resuscitation.* 2nd ed., rev. and enl. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2016. 176p. (In Russian).
6. Puras Yu.V. The surgical methods for treatment of intracranial hypertension at patients with se-vere head injury. *Neyrokhirurgiya.* 2013; (4): 79–90. (In Russian).
7. Krylov V.V., Talypov A.E., Puras Yu.V. Intracranial pressure in patients with cerebral injury. *Neyrokhirurgiya.* 2007; (4): 12–19. (In Russian).
8. Krylov V.V., Petrikov S.S., Solodov A.A., et al. Intracranial hypertension in patients with intra-cranial hemorrhage. *Diagnosis and treatment. Russian Sklifosovsky Journal Emergency Medical Care.* 2012; (4): 44–50. (In Russian).
9. Dunn L.T. Raised intracranial pressure. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2002; 73 (Suppl1): i23–27. PMID: 12185258.
10. Sahuquillo J., Poca M.A., Aribas M., et al. Interhemispheric supratentorial intracranial pressure gradients in head-injured patients: are they clinically important? *J Neurosurg.* 1999; 90(1): 16–26. PMID: 10413151. DOI: 10.3171/jns.1999.90.1.0016.
11. 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. PMID: 17511544. DOI: 10.1089/neu.2007.9990.
12. Rosner M.J., Becker D.P. ICP monitoring: complications and associated factors. *Clin Neuro-surg.* 1976; 23: 494–519. PMID: 975699.
13. Miller M.D., Butterworth J.F., Gudeman S.K., et al. Further experience in the management of severe head injury. *J Neurosurg.* 1981; 54(3): 289–299. PMID: 7463128. DOI: 10.3171/jns.1981.54.3.0289.
14. Krylov V.V., Petrikov S.S., Solodov A.A., et al. Principles of intensive care of patients with subarachnoid hemorrhages after cerebral aneurysms rupture. *Russian Sklifosovsky Journal Emer-gency Medical Care.* 2013; (4): 48–52. (In Russian).
15. Petrikov S.S., Krylov V.V., Solodov A.A., et al. Neuromonitoring patients with neurosurgical pathology. In: Krylov V.V., ed. *Neurosurgery and neuro-resuscitation.* Moscow: ABV-press Publ., 2018. Ch. 30: 677–698. (In Russian).
16. Miller J.D., Becker D.P. Secondary insults to the injured brain. *J R Coll Surg Edind.* 1982; 27(5): 292–298. PMID: 7143298.
17. Rajajee V., Vanaman M., Fletcher J.J., Jacobs T.L. Optic Nerve Ultrasound for the Detection of Raised Intracranial Pressure. *Neurocrit Care.* 2011; 15(3): 506–515. PMID: 21769456. DOI: 10.1007/s12028-011-9606-8.
18. Barr R., Gean A. Craniofacial trauma. In: Brant W., Helms C., eds. *Fundamentals of radiology.* 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999: 49–61.
19. Spencer W.H. *Ophthalmic pathology: an atlas and textbook.* 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1986: 2337–2458.
20. 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.
21. Tsung J.W., Blaivas M., Cooper A., Levick N.R. A rapid noninvasive method of detecting elevated intracranial pressure using bedside ocular ultrasound: application to 3 cases of head trauma in the pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care.* 2005; 21(2): 94–98. PMID: 15699817.
22. Helmke K., Hansen H.C. Fundamentals of transorbital sonographic evaluation of optic nerve sheath expansion under intracranial hypertension. I. Experimental study. *Pediatr Radiol.* 1996; 26(10): 701–705. PMID: 8805599.
23. 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(1): 34–40. PMID: 9202262. DOI: 10.3171/jns.1997.87.1.0034.
24. Tayal V.S., Neulander M., Norton H.J., et al. 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. PMID: 16997419. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2006.06.040.
25. 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.
26. Hayreh S.S. Pathogenesis of oedema of the optic disc (papilloedema). A preliminary report. *Br J Ophthalmol.* 1964; 48: 522–543. PMID: 14221776.
27. Ossoining K.C. Standardized echography: basic principles, clinical applications, and results. *Int Ophthalmol Clin.* 1979; 19(4):127–210. PMID: 395120.
28. Berges O., Koskas P., Lafitte F., Piekarski J.D. Sonography of the eye and orbit with a multi-purpose ultrasound unit. *J Radiol.* 2006; 87(4, Pt 1): 345–353. PMID: 16691161.
29. Section 7-discussion of the mechanical index and other exposure parameters. American Institute of Ultrasound in Medicine. *J Ultrasound Med.* 2000; 19(2): 143–148, 154–168. PMID: 10680619.
30. Geeraerts T., Merceron S., Benhamou D., et al. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients. *Intensive Care Med.* 2008; 34(11): 2062–2067. PMID: 18509619. DOI: 10.1007/s00134-008-1149-x.
31. Geeraerts T., Launey Y., Martin L., et al. Ultrasonography of the optic nerve sheath may be useful for detecting raised intracranial pressure after severe brain injury. *Intensive Care Med.* 2007; 33 (10): 1704–1711. PMID: 17668184. DOI: 10.1007/s00134-007-0797-6.
32. Moretti R., Pizzi B. Optic nerve ultrasound for detection of intracranial hypertension in intra-cranial hemorrhage patients: confirmation of previous findings in a different patient population. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2009; 21(1): 16–20. PMID: 19098619. DOI: 10.1097/ANA.0b013e318185996a.
33. Siranovic M., Turkovic T.M., Gopcevic A., et al. Comparison of ultrasonographic of optic nerve sheath diameter (ONSD) versus direct measurement of intracranial pressure (ICP) in traumatic brain injury patients. *Signa Vitae.* 2011; 6(1): 33–35. DOI: 10.22514/SV61.042011.5.

34. Wang L., Feng L., Yao Y., et al. Optimal optic nerve sheath diameter threshold for the identification of elevated opening pressure on lumbar puncture in a Chinese population. *PLoS One*. 2015; 10(2): e0117939. PMID: 25664663. PMCID: PMC4322040. DOI: 10.1371/journal.pone.0117939 eCollection 2015.
35. 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. PMID: 18275454. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2007.00031.x.
36. Soldatos T., Karakitsos D., Chatzimichail K., et al. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain injury. *Crit Care*. 2008; 12(3): R67. PMID: 18477382. DOI: 10.1186/cc6897.
37. Goel R.S., Goyal N.K., Dharap S.B., et al. Utility of optic nerve ultrasonography in head injury. *Injury*. 2008; 39(5): 519–524. PMID: 18325519. DOI: 10.1016/j.injury.2007.09.029.
38. Moretti R., Pizzi B., Cassini F., Vivaldi N. Reliability of optic nerve ultrasound for the evaluation of patients with spontaneous intracranial hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2009; 11(3): 406–410. PMID: 19636971. DOI: 10.1007/s12028-009-9250-8.
39. Bäuerle J., Nedelmann M. Sonographic assessment of the optic nerve sheath in idiopathic intracranial hypertension. *J Neurol*. 2011; 258(11): 2014–2019. PMID: 21523461. DOI: 10.1007/s00415-011-6059-0.
40. Strumwasser A., Kwan R.O., Yeung L., et al. Sonographic optic nerve sheath diameter as an estimate of intracranial pressure in adult trauma. *J Surg Res*. 2011; 170(2): 265–271. PMID: 21550065. DOI: 10.1016/j.jss.2011.03.009.
41. Amini A., Kariman H., Arhami Dolatabadi A., et al. Use of the sonographic diameter of optic nerve sheath to estimate intracranial pressure. *Am J Emerg Med*. 2013; 31(1): 236–239. PMID: 22944553. DOI: 10.1016/j.ajem.2012.06.025.
42. Qayyum H., Ramalakhan S. Can ocular ultrasound predict intracranial hypertension? A pilot diagnostic accuracy evaluation in a UK emergency department. *Eur J Emerg Med*. 2013; 20(2): 91–97. PMID: 22327166. DOI: 10.1097/MEJ.0b013e32835105c8.
43. Caffery T.S., Perret J.N., Musso M.W., Jones G.N. Optic nerve sheath diameter and lumbar puncture opening pressure in nontrauma patients suspected of elevated intracranial pressure. *Am J Emerg Med*. 2014; 32(12): 1513–1515. PMID: 25284485. DOI: 10.1016/j.ajem.2014.09.014.
44. Shirodkar C.G., Rao S.M., Mutkule D.P., et al. Optic nerve sheath diameter as a marker for evaluation and prognostication of intracranial pressure in Indian patients: An observational study. *Indian J Crit Care Med*. 2014; 18(11): 728–734. PMID: 25425840. PMCID: PMC4238090. DOI: 10.4103/0972-5229.144015.
45. Mehrpour M., Oliaee Torshizi F., Esmaeeli S., et al. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of pseudopapilledema and raised intracranial pressure: a cross-sectional study. *Neurol Res Int*. 2015; 2015: 146059. PMID: 25874128. PMCID: PMC4385686. DOI: 10.1155/2015/146059.
46. Major R., Girling S., Boyle A. Ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter in patients with clinical suspicion of raised intracranial pressure. *Emerg Med J*. 2011; 28(8): 679–681. PMID: 20713366. DOI: 10.1136/emj.2009.087353.
47. Frumin E., Schlang J., Wiechmann W., et al. Prospective analysis of single operator sonographic optic nerve sheath diameter measurement for diagnosis of elevated intracranial pressure. *West J Emerg Med*. 2014; 15(2): 217–220. PMID: 24672615. PMCID: PMC3966440. DOI: 10.5811/westjem.2013.9.16191.
48. Maissan I.M., Dirven P.J., Haitsma I.K., et al. Ultrasonographic measured optic nerve sheath diameter as an accurate and quick monitor for changes in intracranial pressure. *J Neurosurg*. 2015; 123(3): 743–747. PMID: 25955869. DOI: 10.3171/2014.10.JNS141197.
49. Raffiz M., Abdullah J.M. Optic nerve sheath diameter measurement: a means of detecting raised ICP in adult traumatic and non-traumatic neurosurgical patients. *Am J Emerg Med*. 2017; 35(1): 150–153. PMID: 27852525. DOI: 10.1016/j.ajem.2016.09.044.
50. Copetti R., Cattarossi L. Optic nerve ultrasound artifacts and real images. *Intensive Care Med*. 2009; 35(8): 1488–1489. PMID: 19367390. DOI: 10.1007/s00134-009.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрейцева Марина Игоревна

младший научный сотрудник отделения неотложной неврологии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID 0000-0002-1477-1274.

Петриков Сергей Сергеевич

профессор РАН, доктор медицинских наук, директор ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», руководитель регионального сосудистого центра ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», профессор кафедры нейрохирургии и нейрореанимации МГМСУ им. А.И. Евдокимова, ORCID: 0000-0003-3292-8789.

Хамидова Лайла Тимарбековна

кандидат медицинских наук, руководитель отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0002-6299-4077.

Солодов Александр Анатольевич

кандидат медицинских 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.

Received on 21.05.2018

Поступила в редакцию 21.05.2018

Accepted on 15.08.2018

Принята к печати 15.08.2018

The ultrasound study of the optic canal for detecting raised intracranial pressure (a literature review and critical analysis)

M.I. Andreytseva^{1*}, S.S. Petrikov^{1,2}, L.T. Khamidova¹, A.A. Solodov^{1,2,3}

Department of Emergency Neurology

¹ N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department

² Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow 129090, Russian Federation

³ A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

20 Delegatskaya St., b. 1, Moscow 127473, Russian Federation

³ Clinical Medical Center of A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

pos. 1A Kuskovskaya St., b. 4, Moscow 111398, Russian Federation

* **Contacts:** Marina I. Andreytseva, Junior Researcher of the Department of Emergency Neurology, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Email: andreytseva.m@yandex.ru

ABSTRACT Intracranial hypertension (ICH) is a frequent and serious complication that occurs in patients with severe traumatic brain injury (TBI) and non-traumatic brain damage. Persistent ICH significantly worsens the prognosis of the disease course and increases the risk of adverse outcomes. In this regard, one of the main tasks of intensive care of patients with intracranial hemorrhage (ICH) is diagnosis and timely management of ICH. The gold standard is invasive intracranial pressure (ICP) monitoring. The advantages of direct measurement of ICP include accuracy and continuity of registration. The disadvantages are the invasiveness of the method, high cost, the risk of developing infectious and hemorrhagic complications and possible dislocation of sensors. It is necessary to search for a method of non-invasive assessment of the level of ICH most correlated with the data of direct measurement of ICP. Ultrasonography of the optic nerve structures can be such an alternative cheap way to assess ICP. Its advantages are the possibility of repeated dynamic use, no need for surgical intervention, simplicity and high accuracy of measurement. However, the results obtained with ultrasound vary, since this method is operator dependent and requires precise

adherence to the technique of the study. When the optic nerve ultrasound is performed, a contact gel for ultrasound examinations is applied to the anterolateral surface of the closed upper eyelid, and a scanning plane is displayed behind the eyeball for visualization in the central part of the ultrasound image of the optic nerve, lens and retina. To visualize the vertical course of the ophthalmic artery (and the vertical course of the optic nerve), the color Doppler mapping mode is used. The study includes measuring the diameter of the optic nerve and the optic nerve sheath diameter (ONSD). There is subarachnoid space with cerebrospinal fluid between the optic nerve and its sheath. With an increase in intracranial pressure, the expansion of this space occurs, ONSD grows as well. This article contains an analysis of the literature describing the anatomy of the optic nerve and various ultrasound techniques, as well as data from various authors on the threshold value of the optic nerve sheath diameter.

Keywords: intracranial hypertension, intracranial pressure, optic nerve sheath, ultrasonography, traumatic brain injury, subarachnoid hemorrhage, intracranial hemorrhage

For citation Andreytseva M.I., Petrikov S.S., Khamidova L.T., Solodov A.A. The ultrasound study of the optic canal for detecting raised intracranial pressure (a literature review and critical analysis). *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2018; 7(4): 349–356. DOI: 10.23934/2223-9022-2018-7-4-349-356 (In Russian)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments The study had no sponsorship

Affiliations

Andreytseva Marina Igorevna, Junior Researcher of the Department of Emergency Neurology, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0002-1477-1274.

Petrikov Sergey Sergeyevich, Professor of the Russian Academy of Sciences, Dr. Med. Sci., Director of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Head of the Regional Vascular Center of the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Professor of the Department of Neurosurgery and Neuroresuscitation of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3292-8789.

Khamidova Laila Timarbekovna, Cand. Med. Sci., Head of the Department of Ultrasound and Functional Diagnostics, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department, ORCID: 0000-0002-6299-4077.

Solodov Aleksandr Anatolyevich, Cand. Med. Sci., Deputy Director for Science of the Clinical Medical Center of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Associate Professor of the Department of Anesthesiology, Resuscitation and Urgent Care of the A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation,