

## МНОГОСРЕЗОВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ СОЧЕТАННОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ

**А.В. Семенов**<sup>1,2</sup>, к. м. н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, заведующий нейрохирургическим отделением

**Н.В. Монаков**<sup>2</sup>, врач-рентгенолог

**Е.И. Балханова**<sup>2</sup>, врач-нейрохирург

**А.А. Разнобарский**<sup>2</sup>, заведующий отделением лучевой диагностики

**Т.А. Мамонова**<sup>2</sup>, заведующая неврологическим отделением

<sup>1</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, м/р Юбилейный, 100, Иркутск, 664049, Российская Федерация

<sup>2</sup> ОГБУЗ «Иркутская городская клиническая больница № 3», ул. Тимирязева, 31, Иркутск, 664007, Российская Федерация

## MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF MIXED TRAUMATIC BRAIN INJURY

**A.V. Semenov**<sup>1,2</sup>, Cand. Med. Sc., Associate Professor of Traumatology, Orthopedic Surgery and Neurosurgery Chair, Head of Neurosurgical Department; orcid.org/0000-0002-2547-7812

**N.V. Monakov**<sup>2</sup>, Radiologist; orcid.org/0000-0002-8190-4516

**E.I. Balkhanova**<sup>2</sup>, Neurosurgeon; orcid.org/0000-0003-4147-7940

**A.A. Raznobarskiy**<sup>2</sup>, Head of Department of Radiation Diagnostics; orcid.org/0000-0002-4694-5451

**T.A. Mamonova**<sup>2</sup>, Head of Neurological Department; orcid.org/0000-0002-3904-0865

<sup>1</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation,

*mikrorayon Yubileynyy, 100, Irkutsk, 664049, Russian Federation*

<sup>2</sup> Irkutsk City Clinical Hospital № 3, *ul. Timiryazeva, 31, Irkutsk, 664007, Russian Federation*

**Цель исследования** – при помощи многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ) изучить изменения диаметра поперечного сечения зрительного нерва (ДЗН) у пациентов с легкой черепно-мозговой травмой (ЧМТ), а также тяжелой (в том числе сочетанной) ЧМТ до трепанации черепа и после нее; оценить возможность интеграции этого метода с протоколом МСКТ всего тела при тяжелой сочетанной ЧМТ (СЧМТ).

**Материал и методы.** Проведено ретроспективное исследование ДЗН в двух отобранных группах пациентов с травмами (всего 51 человек): 1-я группа (40 человек) включала в себя две подгруппы по 20 пациентов – с легкой ЧМТ и тяжелой СЧМТ, 2-я группа (11 человек) включала две подгруппы – пациенты с тяжелой ЧМТ, подвергшиеся декомпрессионной (6 больных) и костно-пластической (5 больных) трепанации черепа с последующим измерением ДЗН через 12–18 ч.

**Результаты.** При тяжелой СЧМТ средний ДЗН, по результатам первичной МСКТ головного мозга, составил  $6,12 \pm 1,01$  мм, а при легкой ЧМТ  $4,4 \pm 0,19$  мм ( $t$  Стьюдента = 5,707). После декомпрессионной краниотомии произошло уменьшение ДЗН с  $6,26 \pm 0,27$  до  $5,38 \pm 0,22$  мм ( $t$  Стьюдента = 2,486).

**Заключение.** У пациентов с тяжелой СЧМТ диаметр зрительного нерва при первичной МСКТ достоверно больше, чем у пациентов с легкой ЧМТ, что, по литературным данным,

**Objective:** to study changes in the cross sectional optic nerve diameter (OND), by using multislice computed tomography (MSCT), in patients with mild traumatic brain injury (TBI), as well as those with severe (including mixed) TBI before and after craniotomy; to assess whether this technique can be integrated with a whole-body MSCT protocol in severe mixed TBI (MTBI).

**Material and methods.** OND was retrospectively studied in two selected groups of patients with injuries (a total of 51 patients): Group 1 ( $n = 40$ ) included 2 subgroups ( $n = 20$  in each) with mild TBI or severe MTBI; Group 2 ( $n = 11$ ) comprised 2 subgroups with severe TBI who had undergone decompressive ( $n = 6$ ) or osteoplastic ( $n = 5$ ) craniotomy with subsequent OND measurement after 12–18 hours.

**Results.** Primary brain MSCT showed that the average OND was  $6.12 \pm 1.01$  mm in severe MTBI and  $4.4 \pm 0.19$  mm in mild TBI (Student's  $t = 5.707$ ). After decompressive craniotomy, there was a decrease in OND from  $6.26 \pm 0.27$  to  $5.38 \pm 0.22$  mm (Student's  $t = 2.486$ ).

**Conclusion.** Among the patients with severe MTBI, the OND at primary MSCT is significantly greater than that in patients with mild TBI, which may be due to elevated intracranial pressure, as shown by the literature data. There is a statistically significant decrease in OND after decompressive craniotomy and removal of

может быть обусловлено повышенным внутричерепным давлением. После декомпрессионной трепанации черепа и удаления фактора компрессии головного мозга происходит статистически достоверное уменьшение ДЗН. Технические препятствия для применения метода измерения ДЗН в ходе МСКТ всего тела не обнаружены.

**Ключевые слова:** многосрезовая компьютерная томография; диаметр зрительного нерва; сочетанная черепно-мозговая травма; внутричерепное давление.

**Для цитирования:** Семенов А.В., Монаков Н.В., Балханова Е.И., Разнобарский А.А., Мамонова Т.А. Многосрезовая компьютерная томография в диагностике сочетанной черепно-мозговой травмы. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2018; 99 (3): 119–24. DOI: 10.20862/0042-4676-2018-99-3-119-124

**Для корреспонденции:** Семенов Александр Валерьевич; E-mail: 7enov2001@mail.ru

Поступила 06.11.2017

Принята к печати 23.11.2017

## Введение

Поиск методов неинвазивного измерения внутричерепного давления (ВЧД) при помощи современных методов лучевой диагностики весьма актуален [1]. Известно, что оболочки зрительного нерва являются непосредственным продолжением оболочек головного мозга, и рост ВЧД приводит к отеку зрительного нерва и увеличению его диаметра в поперечном сечении [2]. A. Le-grand et al. [3] провели оценку диаметра зрительного нерва (ДЗН) с помощью многосрезовой компьютерной томографии (МСКТ) и обнаружили его достоверную взаимосвязь с ВЧД, тяжестью повреждения головного мозга по КТ-классификации Маршала (1991 г.) [4], уровнем сознания при поступлении, результатами лечения, летальностью. Наиболее тяжелые варианты ЧМТ сопровождалась высоким ВЧД и увеличением ДЗН более 7,0 мм. Ограничением для проведения КТ-измерения ДЗН авторы считали челюстно-лицевую травму с вовлечением орбит, сопутствующие заболевания глаза и глазницы (глаукома, катаракта), гипертиреоз с экзофтальмом. Эти данные соответствовали результатам измерения ДЗН при помощи ультразвуковых аппаратов [5] и МРТ [6]. T. Geeraerts et al. [7] также выявили четкое влияние ВЧД на ДЗН. По их наблюдениям, в норме он составляет  $5,1 \pm 0,7$  мм. При повышении

the brain compressive factor. Whole-body MSCT revealed no technical obstacles to the application of an OND measurement technique.

**Index terms:** multislice computed tomography; optic nerve diameter; mixed traumatic brain injury; intracranial pressure.

**For citation:** Semenov A.V., Monakov N.V., Balkhanova E.I., Raznobarskiy A.A., Mamonova T.A. Multislice computed tomography in the diagnosis of mixed traumatic brain injury. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2018; 99 (3): 119–24 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2018-99-3-119-124

**For correspondence:** Aleksandr V. Semenov; E-mail: 7enov2001@mail.ru

**Acknowledgements.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Received November 6, 2017

Accepted November 23, 2017

ВЧД более 20 мм рт. ст. ДЗН составлял в среднем  $6,3 \pm 0,6$  мм. Похожие результаты были получены и в других работах [8–11].

Интерес представляет возможность проводить измерение ДЗН у пациентов с политравмой и СЧМТ при МСКТ-исследовании всего тела (МСКТВТ) [12] или rap-scan [13]. МСКТВТ внедряется в медицинскую практику с конца 90-х годов прошлого века [14, 15] и продолжает совершенствоваться. Во всех протоколах МСКТВТ-сканирование головного мозга и основания черепа выполняется отдельным блоком в нативном режиме, что позволяет осуществлять измерение ДЗН.

Цель нашего исследования – провести МСКТ-исследование ДЗН в однородных группах пациентов с легкой ЧМТ и тяжелой СЧМТ (во время МСКТВТ), сравнить результаты и выяснить, влияет ли вариант трепанации черепа на величину ДЗН в послеоперационном периоде.

## Материал и методы

Проведен ретроспективный анализ результатов диагностики и лечения 51 пациента с легкой ЧМТ и тяжелой (в том числе сочетанной) ЧМТ. Исследование выполнено на базе Иркутской городской клинической больницы № 3 в 2013–2016 гг. Отбор пациентов – случайный (рандомизация методом жеребьевки). Число мужчин в исследовании состави-

ло 32, женщин – 19, средний возраст пациентов  $35,1 \pm 15,1$  года. Критерии включения в исследование: 1) соответствие диагноза российской классификации травм [16, 17]; 2) первичная МСКТ головного мозга выполнена не позднее 2 ч после травмы; 3) пациенты с тяжелой СЧМТ имели тяжелое повреждение головного мозга (ушиб головного мозга тяжелой степени, внутричерепную гематому, диффузное аксональное повреждение). Критерии исключения: 1) детский возраст и возраст старше 65 лет; 2) пациенты без ЧМТ; 3) челюстно-лицевая травма с вовлечением орбит.

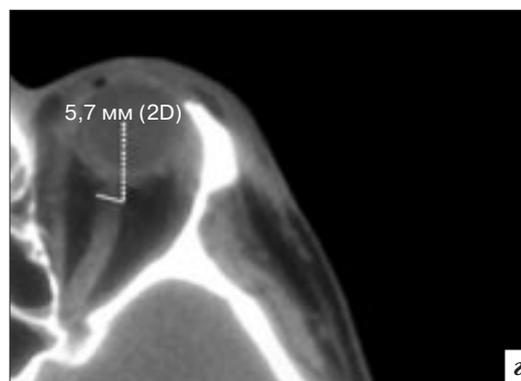
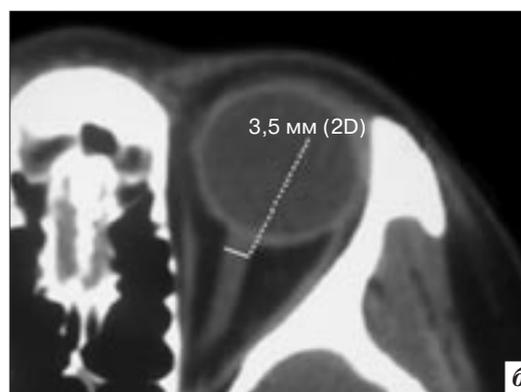
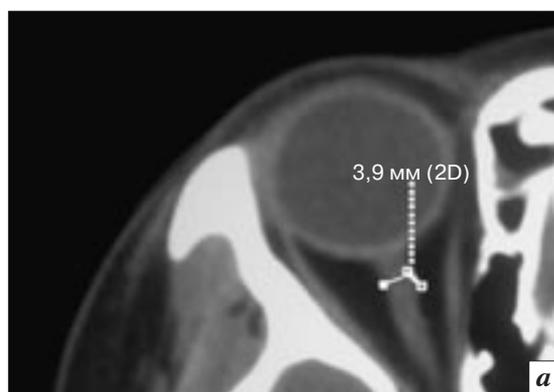
При тяжелой СЧМТ измерение ДЗН проводилось в процессе МСКТВТ по протоколу, рекомендуемому производителем General Electric Healthcare Bright Speed (табл. 1).

МСКТ головного мозга выполнялась с первичной коллимацией  $16 \times 0,625$  мм, толщиной реформатированных срезов 1,25 мм, с последующим трехмерным анализом изображений в MPR-реконструкциях с выравниванием по зрительному нерву в аксиальной, фронтальной и сагиттальной проекциях. Измерение ДЗН проводили в аксиальной проекции на 3 мм кзади от оболочек глазного яблока, в области увеосклерального кольца, и вычисляли среднюю величину по результатам измерения справа и слева в соответствии с оригинальной методикой [3] (см. рисунок).

Некоторые рекомендуемые варианты протоколов МСКТВТ

Параметр	Марка томографа		
	GE Healthcare Bright Speed*	Brilliance CT-64, Philips [18]	Siemens Healthcare [19]
Количество спиралей	16	64	64
Шаг реконструкции, мм	0,625–1,25	0,625	2; 1,6 при filtered back projection
Сила тока на трубке, мАс	300 – головной мозг	200	200 – грудная клетка, 250 – живот
Напряжение трубки, кВ	120–140	120	120
Скорость вращения, оборот/с	0,75	1	–
Сканирование без контрастирования (натив.)	Головной мозг, мозговой череп	Головной мозг, мозговой череп	Череп и шейный отдел позвоночника
Сканирование с в/в контрастным усилением	Грудная клетка и брюшная полость – 3,5 мл/с в общей дозе 100–150 мл, артериальная, венозная, отсроченная фазы	От основания черепа до таза болюс 80 мл контраста со скоростью 2,7 мл/с. Далее 70 мл контраста со скоростью 4 мл/с	Грудная клетка – артериовенозная фаза; живот – фаза воротной вены. 100 мл контраста в кубитальную вену со скоростью 3 мл/с, завершая 30 мл физраствора
Контраст – концентрация йода, мг/мл	300–350	300	300
КТ-реконструкция 3D и архивация	Volume Viewer	Extended Brilliance Workspace (Philips, Cleveland, USA)	IMPAX® 6.0; Agfa HealthCare, Mortsel, Belgium

\* Наш опыт – протокол МСКТВТ, рекомендуемый производителем General Electric Healthcare Bright Speed.



МСКТ черепа на уровне орбит, нативное исследование (без контрастирования), MPR-реконструкция с выравниванием по зрительному нерву в аксиальной, фронтальной и сагиттальной проекциях: а, б – легкая ЧМТ, ДЗН справа 3,9 мм, слева – 3,5 мм; в, г – тяжелая СЧМТ, ДЗН справа 6,8 мм, слева – 5,7 мм

Сравнение ДЗН у пациентов с легкой ЧМТ и тяжелой СЧМТ при поступлении в нейрохирургический стационар

Параметр	Легкая ЧМТ	Тяжелая СЧМТ
Число пациентов	20	20
Распределение по полу (м/ж)	10/10	12/8
Средний возраст, лет	30,2±13,5	39,8±10,9
Средний размер ДЗН, мм*	4,4±0,19	6,12±1,01
Диапазон размеров ДЗН, мм	3,5–6,6	4,7–8,45

\* t-критерий Стьюдента = 5,707, при  $p=0,05$  должен быть не меньше 2,024, различия достоверны.

Таблица 3

Изменение среднего ДЗН у пациентов с тяжелой ЧМТ (2-я группа), подвергшихся трепанации черепа

Вариант трепанации черепа	n	ДЗН, мм		t Стьюдента (при $p=0,05$ )
		до операции	после операции	
ДК	6	6,26±0,27	5,38±0,22	2,486 (не менее 2,288)
КПТ	5	5,49±0,14	5,28±0,36	0,538 (не менее 2,262)
Всего/ в среднем	11	5,91±0,21	5,33±0,2	1,985 (не менее 2,086)

Все пациенты были разделены на две группы. Первая группа включала две подгруппы по 20 пациентов с легкой ЧМТ и тяжелой СЧМТ (расчетное минимальное число пациентов для достоверности исследования статистически составляло не менее 6); проведено сравнение ДЗН по результатам первичной МСКТ в подгруппах с целью выявления статистически значимых различий их размеров посредством расчета средней арифметической, средней ошибки и критерия достоверности Стьюдента.

Во 2-ю группу вошли 11 пострадавших с тяжелой ЧМТ, подвергшихся хирургическому лечению (по поводу субдуральных гематом – 6, эпидуральных – 4, ушиба головного мозга – 1), при этом вариант трепанации черепа выбирался хирургами эмпирически в ходе операции. У 5 пациентов костный лоскут возвращен на место (костно-пластическая трепанация – КПТ) в связи с отсутствием признаков интраоперационного отека и выбухания головного мозга, у 6 пациентов в связи с признаками отека мозга и его выбухания лоскут удалялся с расширением размеров трепанационного окна и пластикой твердой мозговой оболочки (декомпрессионная краниотомия – ДК). Измерение ДЗН проводилось первично – при поступлении и повторно – через 12–18 ч после операции.

**Статистическая обработка.** Расчет минимального размера подгрупп сравнения ( $n$ ) проводился с учетом возможных отклонений размеров ДЗН ( $\pm 0,7$  мм) по литературным источникам [7–9], по стандартной формуле для средних величин ( $n=t^2 \times \sigma^2 / \Delta^2$ ), а также на основании расчета статистической мощности через статистический пакет R Core Team (2017 г.; <https://www.R-project.org/>). Величину ошибки средней величины  $m$  вычисляли по формуле  $m = \pm \sigma / \sqrt{n}$  при  $n > 30$  и  $m = \pm \sigma / \sqrt{n-1}$  при  $n \leq 30$ . Среднеквадратическое отклонение ( $\sigma$ )

рассчитывалось по таблице Пирсона. Направление изменения ДЗН после операции оценивалось по таблице В.Ю. Урбаха, а достоверность уменьшения ДЗН – по максимум-критерию и критерию Вилкоксона с вероятностью более 95% ( $0,01 < p < 0,05$ ). Во всех подгруппах распределение значений ДЗН было нормальным.

### Результаты

В 1-й группе среди 20 пациентов с легкой ЧМТ размер ДЗН в среднем составил  $4,4 \pm 0,19$  мм, а среди пострадавших с тяжелой СЧМТ  $6,12 \pm 1,01$  мм, t-критерий Стьюдента 5,707, различия достоверны (табл. 2).

Во 2-й группе среди 5 пациентов, подвергшихся КПТ, при первичной МСКТ средний ДЗН составил  $5,49 \pm 0,14$  мм; 1 пациент впоследствии умер. Среди 6 пациентов, подвергшихся ДК, при первичной МСКТ средний ДЗН равнялся  $6,26 \pm 0,27$  мм, у 3 из них зафиксирован злокачественный отек головного мозга (резкое набухание с пролабированием в операционную рану) во вре-

мя операции (1 из них умер); всего после ДК умерли 3 пациента. У 9 пациентов из 11 оперированных произошло уменьшение ДЗН, а у 2 (после КПТ) – его увеличение. Вероятность изменения ДЗН в сторону уменьшения по критерию знаков с использованием таблицы В.Ю. Урбаха составила более 95%, но менее 99% ( $0,01 < p < 0,05$ ). Вероятность именно уменьшения ДЗН после операции по максимум-критерию и критерию Вилкоксона составила  $p < 0,05$  (более 95%). Несмотря на это, статистически достоверное уменьшение среднего ДЗН обнаружено только после декомпрессионной краниотомии (табл. 3).

### Обсуждение

По литературным данным [18], МСКТВТ имеет не очень высокую чувствительность (79,6–86,7%) и при этом высокую специфичность (97,5–99,8%) (табл. 4).

Это означает, что, например, отсутствие внутрисерпной гематомы по результатам МСКТВТ не исключает ее реальное наличие

**Чувствительность и специфичность МСКТВТ при исследовании различных областей тела [18]**

Область тела	Чувствительность, %	Специфичность, %
Голова и шея	84,6	98,9
Лицо	79,6	99,1
Грудь	86,7	98,9
Живот	85,7	97,5
Таз	86,2	99,8

у 15,4% больных с гематомами, а наличие гематомы по данным МСКТВТ ошибочно у 1,1% пациентов без гематомы. Таким образом, МСКТВТ имеет высокую достоверность реального наличия выявленных повреждений и более низкую достоверность отсутствия не выявленных повреждений, что требует применения дополнительных методов диагностики. Поэтому продолжают поиски лучшей интеграции МСКТВТ с ATLS-протоколом (Advanced Trauma Life Support) [19, 20].

Проведенное нами исследование показало, что нет технических препятствий для измерения ДЗН, как в ходе рутинной МСКТ головного мозга, так и при МСКТВТ. Выявленное увеличение ДЗН у пациентов с тяжелой СЧМТ при первичной МСКТВТ сразу после поступления в стационар оказалось статистически значимым с высокой степенью достоверности ( $t$  Стьюдента = 5,707), что соответствует литературным данным и может свидетельствовать о повышенном внутричерепном давлении [4]. Подтверждением высокой чувствительности ДЗН к изменению ВЧД является и обнаруженное уменьшение его размеров после трепанации черепа, удаления субстрата компрессии головного мозга. Как видно из таблицы 3, у 6 пациентов ( $54,5 \pm 15,7\%$  от общего числа оперированных), подвергшихся ДК, перед операцией средний ДЗН ( $6,26 \pm 0,27$  мм) был больше, чем среди пациентов, подвергшихся КППТ ( $5,49 \pm 0,14$  мм).

И хотя доверительные границы для  $54,5\%$  при  $p=0,05$  оказались слишком широкие ( $\pm 34,5\%$ ), величину ДЗН можно учитывать при выборе варианта трепанации черепа (если это необходимо) у пациентов с сочетанной травмой, для которых особенно важно дозировать объем хирургической агрессии.

**Выводы**

1. Пациенты с тяжелой СЧМТ при первичной МСКТВТ имеют статистически достоверно больший размер ДЗН ( $6,12 \pm 1,01$  мм), чем пациенты с легкой ЧМТ ( $4,4 \pm 0,19$  мм).

2. Трепанация черепа и удаление фактора компрессии головного мозга приводит к уменьшению ДЗН, однако его статистически значимое уменьшение наблюдается только при декомпрессионной краниотомии.

3. Протокол МСКТВТ позволяет проводить измерение поперечного диаметра зрительного нерва.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование**

Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Литература [References]**

1. Семенов А.В., Сороковиков В.А. Неинвазивное измерение внутричерепного давления в клинической практике (обзор литературы). *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра*

*Сибирского отделения Российской академии медицинских наук.* 2015; 3: 100–4. [Semenov A.V., Sorokovikov V.A. Non-invasive detection of intracranial pressure in clinical practice (review of literature). *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Tsentra SO RAMN (Bulletin of the East-Siberian Scientific Center of the Siberian branch of the Russian Academy of Medical Sciences, Russian journal).* 2015; 3: 100–4 (in Russ.).]

- Hansen H., Helmke K. The sub-arachnoid space surrounding the optic nerves. An ultrasound study of the optic nerve sheath. *Surg. Radiol. Anat.* 1996; 17: 323–8.
- Legrand A., Jeanjean P., Delanghe F., Peltier J., Lecat B., Dupont H. Estimation of optic nerve sheath on an initial brain computed tomography scan can contribute prognostic information in traumatic brain injury patients. *Crit. Care.* 2013; 17 (2): R61. DOI: 10.1186/cc12589
- Marshall L.F., Marshall S.B., Klauber M.R., Clark M.B., Eisenberg H.M., Jane J.A. et al. A new classification of head injury based on computerized tomography. *J. Neurosurg.* 1991; 75: s28–s35.
- Geeraerts T., Launey Y., Martin L., Pottecher J., Vigué B., Duranteau J., Benhamou D. Ultrasonography of the optic nerve sheath may be useful for detecting raised intracranial pressure after severe brain injury. *Intensive Care Med.* 2007; 17: 1704–11. DOI: 10.1007/s00134-007-0797-6
- Geeraerts T., Newcombe V.F.J., Coles J.P., Abate M.G., Perkes I.E., Hutchinson P.J.A. et al. Use of T2-weighted magnetic resonance imaging of the optic nerve sheath to detect raised intracranial pressure. *Crit. Care.* 2008; 17: R114.
- Geeraerts T., Duranteau J., Benhamou D. Ocular sonography in patients with raised intracranial pressure: the papilloedema revisited. *Crit. Care.* 2008; 17: 150. DOI: 10.1186/cc6893
- 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; 17: 34–40. DOI: 10.3171/jns.1997.87.1.0034
- Watanabe A., Kinouchi H., Hori-koshi T., Uchida M., Ishigame K.

- Effect of intracranial pressure on the diameter of the optic nerve sheath. *J. Neurosurg.* 2008; 17: 255–8. DOI: 10.3171/JNS/2008/109/8/0255
10. Cammarata G., Ristagno G., Cammarata A., Mannanici G., Denaro C., Gullo A. Ocular ultrasound to detect intracranial hypertension in trauma patients. *J. Trauma.* 2011; 17: 779–81. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182220673
  11. Rajajee V., Fletcher J.J., Rochlen L.R., Jacobs T.L. Comparison of accuracy of optic nerve ultrasound for the detection of intracranial hypertension in the setting of acutely fluctuating vs stable intracranial pressure: post-hoc analysis of data from a prospective, blinded single center study. *Crit. Care.* 2012; 17: R79. DOI: 10.1186/CC11336
  12. Libing J., Yuefeng M., Shouyin J., Ligang Y., Zhongjun Z., Yongan X., Mao Z. Comparison of whole-body computed tomography vs selective radiological imaging on outcomes in major trauma patients: a meta-analysis. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2014; 22: 54. DOI: 10.1186/s13049-014-0054-2
  13. Hutter M., Woltmann A., Hierholzer C., Gärtner C., Bühren V., Stengel D. Association between a single-pass whole-body computed tomography policy and survival after blunt major trauma: a retrospective cohort study. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2011; 19: 73. DOI: 10.1186/1757-7241-19-73
  14. Löw R., Düber C., Schweden F., Lehmann L., Blum J., Thelen M. Whole body spiral CT in primary diagnosis of patients with multiple trauma in emergency situations. *Rofo.* 1997; 166 (5): 382–8.
  15. Kanz K., Paul A., Lefering R., Kay M., Kreimeier U., Linsenmaier U. et al. The Trauma Registry of the German Trauma Society. *J. Trauma. Manag. Outcomes.* 2010; 4: 4. DOI: 10.1186/1752-2897-4-4
  16. Семенов А.В. Классификация сочетанной черепно-мозговой травмы: вопросы терминологии. *Нейрохирургия.* 2015; 4: 60–3. [Seменов А.В. The classification of combined head unjury: terminology questions. *Neyrokhirurgiya (Neurosurgery, Russian journal).* 2015; 4: 60–3 (in Russ.).]
  17. Каплан А.В., Пожариский В.Ф., Лирцман В.М. Множественные и сочетанные травмы опорно-двигательного аппарата. Основные проблемы. Труды 3-го Всеобщего съезда травматологов-ортопедов. М.; 1976: 29–37. [Kaplan A.V., Pozhariskiy V.F., Lirtsman V.M. Multiple and combined trauma of the locomotor apparatus. Basic problems. In: Transactions of 3-th all-USSR traumatologists and orthopedists congress. Moscow; 1976; 29–37 (in Russ.).]
  18. Stengel D., Ottersbach C., Matthes G., Weigeldt M., Grundei S., Rademacher G. et al. Accuracy of single-pass whole-body computed tomography for detection or injuries in patients with major blunt trauma. *CMAJ.* 2012; 184 (8): 869–76. DOI: 10.1503/cmaj.111420
  19. Gordic S., Alkadhi H., Hodel S., Simmen H.-P., Brueesch M., Frauenfelder T. et al. Whole-body CT-based imaging algorithm for multiple trauma patients: radiation dose and time to diagnosis. *Br. J. Radiol.* 2015; 88 (1047): 20140616. DOI: 10.1259/bjr.20140616
  20. Topp T., Lefering R., Lopez C., Ruchholtz S., Ertel W., Kühne C. Radiologic diagnostic procedures in severely injured patients – is only whole-body multislice computed tomography the answer? *Int. J. Emerg. Med.* 2015; 8: 3. DOI: 10.1186/s12245-015-0053-8