

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СОСТОЯНИЕМ МОЗГОВОГО КРОВотоКА И УРОВНЕМ ОКСИГЕНАЦИИ МОЗГОВОЙ ТКАНИ У ПОСТРАДАВШИХ С ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМОЙ

А.О. Трофимов, А.В. Грибков, Г.В. Калентьев

Нижегородский региональный травматологический центр,
Нижегородская областная клиническая больница им. Н.А. Семашко

Цель. Определить взаимосвязь между уровнем оксигенации мозговой ткани и показателями мозговой перфузии у пострадавших с черепно-мозговой травмой.

Материалы и методы. У 20 пациентов с ЧМТ была проведена перфузионная КТ головного мозга с одновременной регистрацией уровня SctO_2 церебральным оксиметром. Средний возраст пострадавших составил $34,5 \pm 15,6$ года (от 15 до 65 лет). Мужчин было 9, женщин 11.

Результаты. Тяжесть состояний по шкале ISS (Injury Severity Score) составила $54,7 \pm 14,6$ баллов (от 25 до 81). Уровень бодрствования по GCS (Glasgow Coma Score) перед исследованием составил $10,4 \pm 2,5$ балла (от 5 до 13 баллов). Значения SctO_2 составили $63 \pm 8,2\%$ (от 53 до 87%). Значения CBV составили $2,1 \pm 0,67$ мл/100 г (min 1,1; max 4,3 мл/100 г). Значения CBF составили $31,99 \pm 13,6$ мл/100 г x мин (от 11,6 до 80,8 мл/100 г x мин). Величина MTT составила $5,7 \pm 4,5$ сек (минимум 2,8; максимум 34,3 сек). Значения TTP составили $22,2 \pm 3,1$ сек.

Заключение. Уровень церебральной оксигенации у пациентов с черепно-мозговой травмой достоверно соотносится со значениями регионарного объема крови (CBV) ($p < 0,000001$). Не выявлено достоверной корреляции между уровнем насыщенности мозговой ткани кислородом и другими показателями мозговой перфузии.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, церебральная оксиметрия, перфузионная компьютерная томография головного мозга.

Objective. To reveal the correlation between the cerebral oxygenation level and the values of cerebral perfusion at patients with head injury (HI).

Material and methods. The perfusion computer tomography (CT) of brain and simultaneous registration of SctO_2 level using cerebral near-infrared oxymeter were performed at 20 patients suffered from HI. The average age was $34,5 \pm 15,6$ years old (from 15 till 65 years old). There were 9 men and 11 women.

Results. The severity of patients' state according to ISS (Injury Severity Score) scale was $54,7 \pm 14,6$ scores (from 25 till 81 scores). The level of consciousness according to GCS (Glasgow Coma Score) was $10,4 \pm 2,5$ scores (from 5 till 13 scores) at the beginning of trial. The mean value of SctO_2 was $63 \pm 8,2\%$ (from 53 till 87%). The mean value of CBV was $2,1 \pm 0,67$ ml/100 g (min — 1,1; max — 4,3 ml/100 g). The mean value of CBF was $31,99 \pm 13,6$ ml/100 g x min (from 11,6 till 80,8 ml/100 g x min). The mean value of MTT was $5,7 \pm 4,5$ sec (min — 2,8; max — 34,3 sec). The mean value of TTP was $22,2 \pm 3,1$ sec.

Conclusion. The level of cerebral oxygenation at patients with HI is definitely correlated to the values of cerebral blood volume (CBV) ($p < 0,000001$). There was no significant correlation between the oxygenation level of brain tissue and other measures of cerebral perfusion.

Key words: head injury, cerebral near-infrared oxymetry, perfusion computer tomography of brain.

Введение

Современное лечение пациентов с заболеваниями и повреждениями головного мозга невозможно без многокомпонентного мониторинга его состояния [3, 8], одной из модальностей которого является церебральная оксиметрия.

Церебральная оксиметрия оценивает насыщение кислородом ткани головного мозга и основывается на поглощении гемоглобином света, близкого к инфракрасному спектру (длины волн — 690, 780, 805 и 850 нм) [5]. Ранние варианты церебральных оксиметров использовали источники некогерентного излучения, что, несомненно, отражалось на получаемых данных [2]. Разработанная в последние годы инфракрасная церебральная спектроскопия с применением источников коге-

рентного света (лазеров) существенно улучшила результаты мониторинга, что позволило некоторым исследователям позиционировать подобные приборы как «абсолютный церебральный оксиметр» [6].

Хотя церебральная оксиметрия и не является методикой прямой оценки мозгового кровотока, но она показывает насыщение гемоглобина кислородом во всех звеньях сосудистого русла в конкретном объеме мозга. Общеизвестным является тот факт, что до 85% крови в мозге находятся в капиллярном и венозном русле, где и происходит снижение содержания оксигемоглобина [7]. Метод инфракрасной церебральной оксиметрии позволяет оценить количественно именно этот процесс снижения [4]. Учитывая эти факты, весьма вероятной представляется взаимосвязь между

уровнем сатурации мозговой ткани (cerebral tissue oxygen saturation — тканевая сатурация мозговой ткани — SctO₂) и состоянием церебральной перфузии.

Работы, изучающие подобную связь, единичны [7, 10] и касаются лишь цереброваскулярной патологии. Работ, посвященных этой проблеме при черепно-мозговой травме (ЧМТ), авторы не встретили.

Цель работы — определить взаимосвязь между показателями мозговой перфузии и уровнем оксигенации мозговой ткани у пострадавших с черепно-мозговой травмой.

Материалы и методы

Для оценки этой взаимосвязи у 20 пациентов с ЧМТ была проведена перфузионная компьютерная томография (КТ) головного мозга с одновременной регистрацией уровня SctO₂ церебральным оксиметром.

Средний возраст пострадавших составил 34,5±15,6 года (от 15 до 65 лет). Мужчин было 9, женщин 11. Тяжесть состояний по шкале ISS (Injury Severity Score) составила 54,7±14,6 баллов (от 25 до 81). Уровень бодрствования по GCS (Glasgow Coma Score) перед исследованием составил 10,4±2,5 балла (от 5 до 13 баллов). 11 пациентов были оперированы в первые сутки после поступления в клинику по поводу внутричерепных гематом. У 5 пациентов это были субдуральные гематомы, у 6 — внутримозговые гематомы с локализацией, не затрагивающей лобную долю. Консервативное лечение было применено у 9 пациентов. Летальных исходов в группе исследования не было.



Рис. 1. Внешний вид исследовательского комплекса. Белая стрелка указывает на автоматический шприц-инъектор. Черная стрелка указывает на церебральный оксиметр.
Fig. 1. The appearance of research complex. The white arrow indicates the automatic syringe-injector, the black arrow shows the cerebral near-infrared oximeter.

Церебральная оксиметрия

Церебральную оксиметрию проводили на аппарате Fore-Sight MC 2030 (CAS Medical systems Inc., Branford, Co, USA) с определением уровня SctO₂ в области полюса лобных долей стандартными оптодами согласно рекомендациям производителя. В связи с массивными повреждениями лицевого скелета и мягких тканей лобной области у 5 пациентов было невозможно проведение бифронтальной церебральной оксиметрии, поэтому для оценки SctO₂ вынужденно использовали данные лишь одного оптода. Внешний вид комплекса приведен на рис. 1.

Перфузионная компьютерная томография

Перфузионная КТ проведена 20 пациентам на 64-срезовом томографе Toshiba Aquilion TSX-101A (Toshiba Medical systems, Europe B.V., Netherland).

Перфузионную КТ головного мозга проводили в составе углубленного КТ-исследования, включавшего дополнительно КТ-ангиографию сосудов головы и шеи. Исследования проводились в сроки от 1 до 14 сут с момента поступления больных в клинику в среднем на 5-е сутки после получения травмы. У оперированных больных перфузионную КТ проводили в среднем на 3-и сутки послеоперационного периода.

У 3 пациентов были выявлены очаги ишемического повреждения головного мозга, которые потребовали проведения контрольной перфузионной КТ головного мозга спустя 14 дней после первичной.

Протокол перфузионного исследования [1, 7] включал начальную неконтрастную КТ головного мозга. «Зону интереса» устанавливали с учетом выявленных зон очаговых травматических повреждений. При отсутствии подобных очагов планировали 2 сканирования головного мозга в режиме «whole brain» (несколько сканирований, исследующих весь головной мозг).

Далее проводили 4 продленных сканирования «зоны интереса» толщиной 32 мм в течение 55 с на фоне введения контрастного вещества (режим Brain Perfusion — перфузия головного мозга). Параметры сканирования: 120 kVp, 70 mA, 70 mAs, 1000 msec. Контрастное вещество (Ultravist 370, Shering AG, Germany) вводили автоматическим инъектором (Stellant, One Medrad, Indianola, PA) в кубитальную вену через стандартный катетер (20-gauge) со скоростью 4—5 мл/с в дозе 50 мл на 1 исследование.

При необходимости сканирование другой «зоны интереса» проводили спустя 15—20 мин после первого — для исключения артефактов вследствие высокой концентрации контрастного вещества в венозном русле. Исследование в режиме «whole brain» было проведено у 7 пациентов.

После сканирования объем данных передавали на рабочую станцию и анализировали в среде Vitrea 2 (Vital Imaging, Inc., ver 4.1.8.0). Артериальную и венозную метку выставляли в

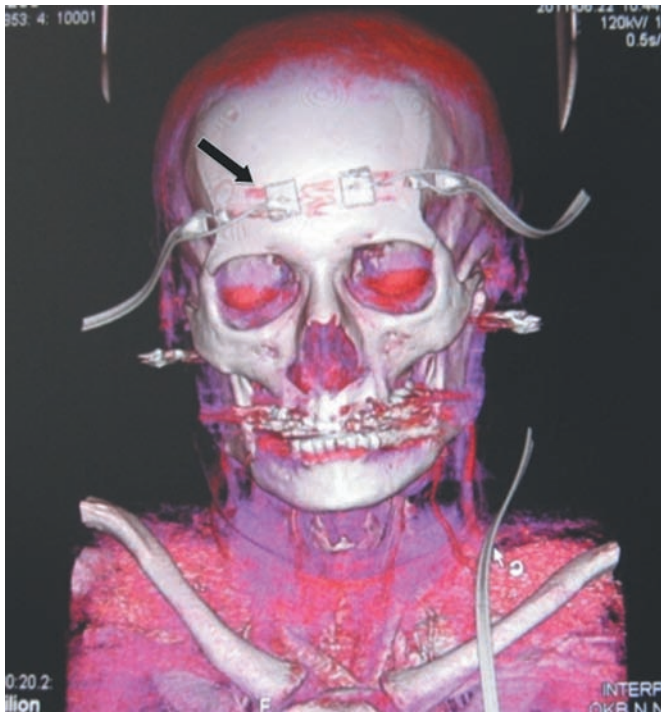


Рис. 2. 3D-реконструкция пациента с расположением оптодов церебральной оксиметрии в лобных областях (отмечено черной стрелкой).

Fig. 2. 3D-reconstruction of patient's data with the placement of optodes for cerebral oxymetry in the frontal regions (black arrows).

автоматическом режиме с последующим ручным контролем по показателям графика «время-концентрация». Оценку перфузионных карт осуществляли два нейрорадиолога независимо друг от друга.

В дальнейшем, согласно рекомендациям А.А. Потапова и соавт. [1], строили цветные перфузионные карты, описывающие значения мозговой перфузии: объемного мозгового кровотока (cerebral blood flow — CBF), регионального объема крови (cerebral blood volume — CBV), среднего времени транзита контрастного вещества (mean time transit — МТТ), времени достижения пиковой концентрации контрастного вещества (time to peak — ТТР). Указанные параметры оценивали качественно и количественно во всех доступных симметричных зонах мозга: лобных, височных, теменных, затылочных долях и зонах подкорковых узлов. Особое внимание уделяли параметрам перфузии в корковых зонах лобных долей на глубине до 25 мм, непосредственно примыкающим к местам расположения оптодов, где и устанавливали зоны интереса (рис. 2, 3).

Статистическая обработка

Статистический анализ проводили с использованием методов непараметрической статистики, регрессионного анализа. Для анализа использовалась программа Statistica версии 7.0 (компания StatSoft Inc., США, 2004). Уровень значимости определялся менее 0,01.

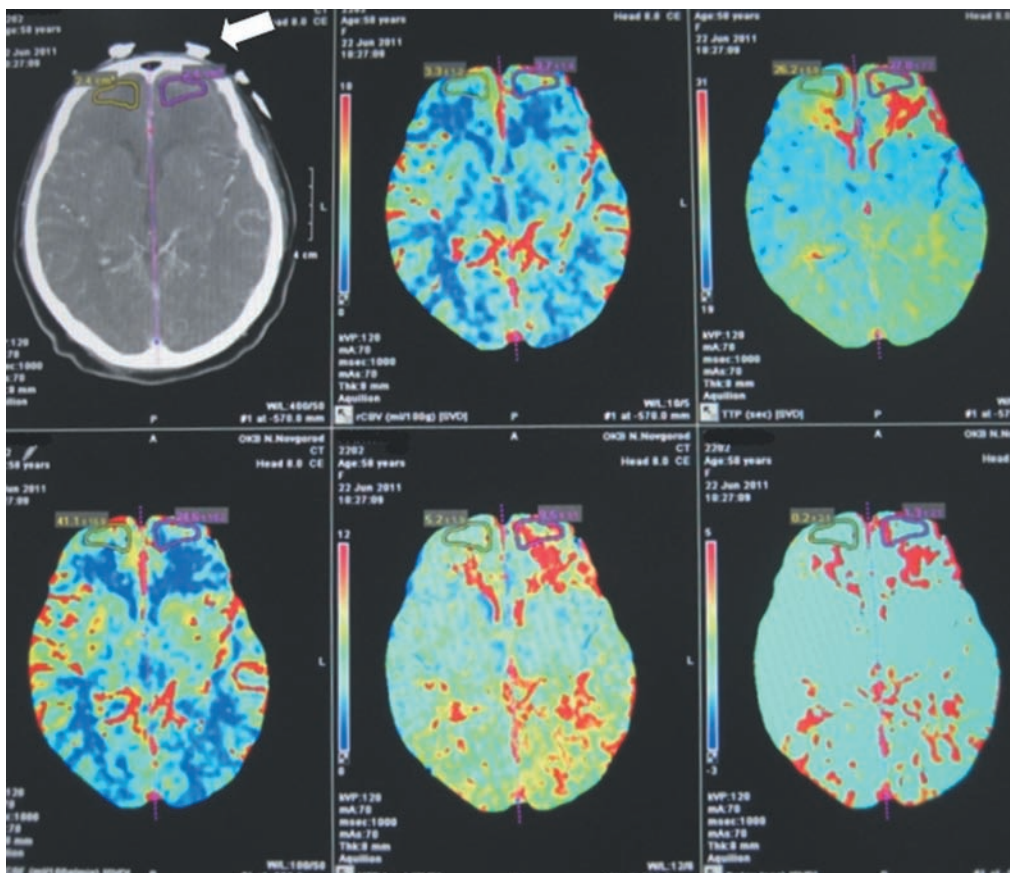


Рис. 3. Перфузионная карта пациента с тяжелой черепно-мозговой травмой. Белой стрелкой отмечены артефакты от оптодов, расположенных в лобных областях.

Fig. 3. The perfusion map of patient with severe head injury. The white arrow shows the artefacts from the optodes located in the frontal regions.

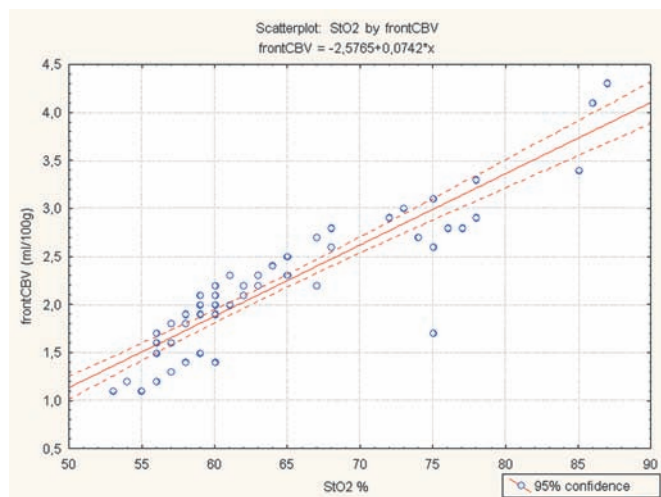


Рис. 4. Результат регрессионного анализа пары SctO₂-CBV.
Fig. 4. The result of regression analysis of SctO₂-CBV pair.

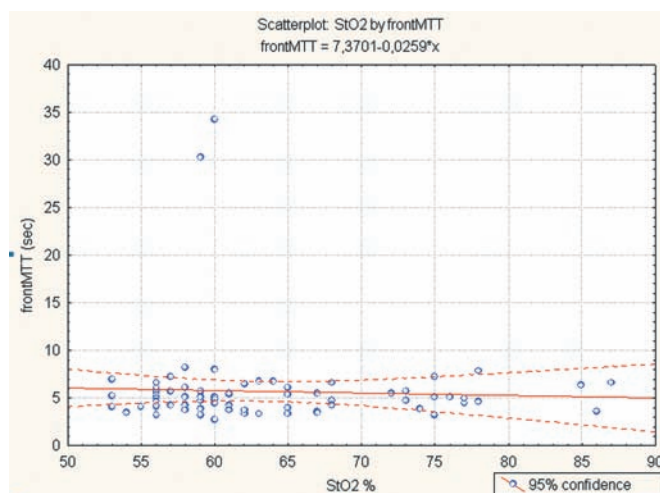


Рис. 7. Результат регрессионного анализа пары SctO₂-MTT.
Fig. 7. The result of regression analysis of SctO₂-MTT pair.

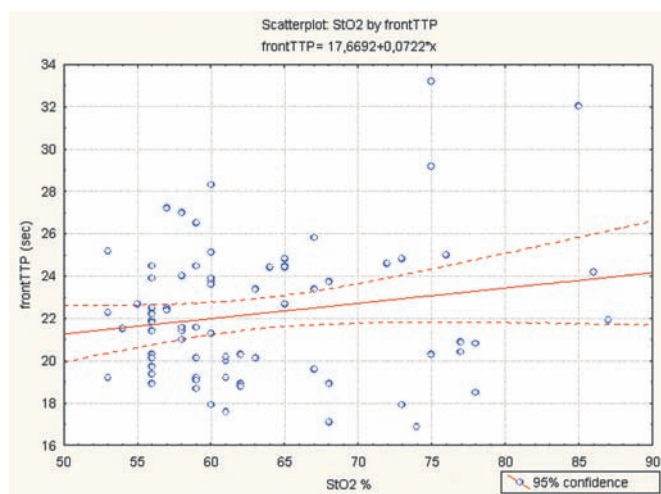


Рис. 5. Результат регрессионного анализа пары SctO₂-TTP.
Fig. 5. The result of regression analysis of SctO₂-TTP pair.

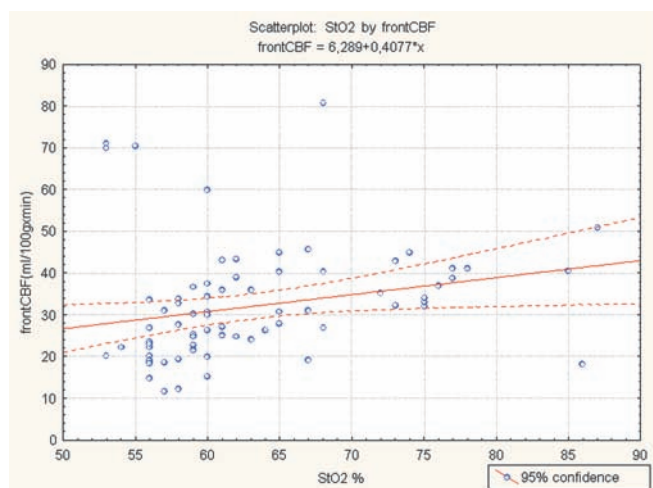


Рис. 6. Результат регрессионного анализа пары SctO₂-CBF.
Fig. 6. The result of regression analysis of SctO₂-CBF pair.

Результаты и их обсуждение

В результате одновременного проведения перфузионной КТ головного мозга и регистрации уровня SctO₂ были получены следующие данные.

Значения SctO₂ составили 63±8,2% (min 53%; max 87%). Нижние пороговые значения (SctO₂ менее 60%) выявлены у 5 пациентов, что свидетельствовало о развитии ишемического повреждения в бассейне кровоснабжения передней мозговой артерии.

Общий анализ перфузионных карт выявил следующие значения параметров мозговой перфузии.

Значения CBV составили 2,1±0,67 мл/100 г (min 1,1; max 4,3 мл/100 г), значения CBF — 31,99±13,6 мл/100 г х мин (min 11,6; max 80,8 мл/100 г х мин), значения MTT составили 5,7±4,5 с (min 2,8; max 34,3 с), значения TTP — 22,2±3,1 с (min 16,9; max 33 с).

Частный анализ перфузионных карт выявил, что у 12 пострадавших отмечались зоны по характеристикам, соответствующие ишемии головного мозга.

Для выявления связей между параметрами оксигенации мозга и его перфузии в среде Statistica 7.0 был проведен множественный регрессионный анализ. Было показано, что при отсутствии очаговых повреждений лобных долей мозга SctO₂ достоверно соотносится с уровнем rCBV ($p < 0,000001$). Нами не выявлено достоверной корреляции между SctO₂ уровнем rCBF ($p = 0,745$), TTP ($p = 0,204$), MTT ($p = 0,0509$).

Результаты регрессионного анализа приведены на рис. 4—7.

Обсуждение

Нами выявлено наличие достоверной линейной связи между SctO₂ и CBV с уровнем значимости $p < 0,000001$. В то же время взаимосвязь

между SctO_2 и другими показателями перфузии (CBF, TTP, MTT) носит более слабый характер, так как уровень значимости составил: CBF ($p=0,745$), TTP ($p=0,204$), MTT ($p=0,0509$).

Таким образом, хотя и сохраняется верность основополагающего уравнения расчета параметров перфузии $\text{CBF}=\text{CBV}/\text{MTT}$, однако зависимость эта на практике оказывается нелинейной.

Косвенно это противоречие отмечено и в работе Р. Taussky и соавт. [10], которые, исследуя взаимосвязь между параметрами КТ-перфузии мозга и уровнем церебральной оксигенации у пациентов с мозговыми инсультами, напротив, нашли достоверную взаимосвязь между SctO_2 и CBF ($p<0,0001$) и не нашли линейной корреляции с другими параметрами перфузии.

Сравнение результатов церебральной оксиметрии и позитронной эмиссионной томографии у здоровых добровольцев [9] показало, что с уровнем насыщения ткани головного мозга кислородом достоверно коррелирует именно региональный объем крови (CBV).

По нашему мнению, объяснением таких особенностей мозговой перфузии и церебральной оксигенации при травматическом и сосудистом повреждении головного мозга является тот факт, что регионарный объемный мозговой кровоток (CBF) в отличие от регионального объема крови (CBV) также может зависеть от состояния артериального русла, а значит, существенно варьировать при развитии церебрального ангиоспазма.

Выводы

Уровень церебральной оксигенации у пациентов с черепно-мозговой травмой достоверно соотносится со значениями регионарного объема крови (CBV) ($p<0,000001$).

У пациентов с черепно-мозговой травмой не выявлено достоверной корреляции между уровнем насыщенности мозговой ткани кислородом и другими показателями мозговой перфузии.

Лазерная церебральная оксиметрия может служить скрининговым методом опосредованной неинвазивной оценки уровня регионарного объема крови у пациентов с черепно-мозговой травмой

при невозможности выполнения других методов прямого исследования состояния перфузии головного мозга.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Трофимов Алексей Олегович — канд.мед.наук, врач-нейрохирург, e-mail: xtro7@mail.ru;

Грибков А.В. — к.м.н., врач-реаниматолог

Калентьев Г.В. — врач-анестезиолог.

Нижегородская областная клиническая больница им. Н.А. Семашко

Адрес учреждения: 603126, Нижний Новгород, ул. Родионова, 190.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарова Н.Е., Потапов А.А., Корниенко В.Н. и др. Особенности регионарного мозгового кровотока, показателей внутричерепного и церебрального перфузионного давления при тяжелой травме мозга. // Лучевая диагностика и терапия. — 2012. — №3. — С. 79 — 92.
2. Крылов В.В., Царенко С.В., Тюрин Д.Н., Чернобыльский Л.М.. Клиническое применение церебральной оксиметрии как составной части нейромониторинга у нейрохирургических больных. // Неврологический журнал. — 1999. — №5. — С. 22—25.
3. Фраерман А.П., Кравец Л.Я. и др. Сдавление головного мозга при изолированной и сочетанной черепно-мозговой травме. — Нижний Новгород: ООО «Типография «Поволжье», 2008.
4. Constantoyannis C., Sakellaropoulos G.C. Transcranial cerebral oximetry and transcranial doppler sonography in patients with ruptured cerebral aneurysms and delayed cerebral vasospasm // Med. Sci. Monit. — 2007. — Vol. 13(10). — P. 35—40.
5. Griffith S., Caron J.L., Coleman R. Invasive versus non-invasive monitoring of brain tissue oxygenation // Cerebrovasc. Dis. — 2008. — Vol. 25. — P. 86.
6. Kashiwazaki D., Kuroda S., Terasaka S. Detection of hemodynamic transient ischemic attack during hemodialysis with near-infrared monitoring in a patient with internal carotid artery occlusion // Surg. Neurol. — 2007. — Vol. 68(3). — P. 292 — 294.
7. Miles K. Multidetector Computed Tomography in Cerebrovascular Disease. CT Perfusion Imaging. — London: Informa UK, 2007.
8. Murkin J.M. Applied neuromonitoring and improving CNS outcomes // Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth. — 2005. — Vol. 9(2). — P. 139 — 142.
9. Pott F., Gitte M. Cerebral blood volume in humans by NIRS and PET // Proc. SPIE. — 1998. — 3194. — P. 306.
10. Taussky P. et al. Validation of frontal near-infrared spectroscopy as noninvasive bedside monitoring for regional cerebral blood // Neurosurgical Focus — 2012. — Vol. 32. — P.1—6.

Комментарий

Статья А.О. Трофимова и соавт. посвящена актуальной проблеме диагностики вторичных ишемических повреждений мозга у пациентов с черепно-мозговой травмой (ЧМТ). Одновременно определяя сатурацию в веществе мозга с помощью церебральной оксиметрии и оценивая состояние мозгового кровообращения по данным перфузионной компьютерной томографии (КТ), авторы выявили взаимосвязь между показателями церебральной перфузии и оксигенации.

Перфузионная КТ позволяет при помощи контрастного усиления визуально и количественно оценивать мозговой кровоток и тканевую перфузию. Метод основан на анализе изменения плотности при контрастировании выбранного объема вещества головного мозга в артериальную, венозную и капиллярную фазы. По данным перфузионной КТ вычисляют основные гемодинамические параметры для различных отделов головного мозга: региональную объемную скорость мозгово-