

Оглядова стаття

УДК 616-005.4

Трофимов А.О.^{1,2}, Павлов В.В.³, Военнов О.В.^{1,2}

¹ Нижегородский региональный травматологический центр, Нижегородская областная клиническая больница им. Н.А. Семашко, Нижний Новгород, Россия

² Кафедра неврологии и нейрохирургии, Нижегородская государственная медицинская академия, Нижний Новгород, Россия

³ Департамент нейрохирургии D, Неврологический и нейрохирургический госпиталь Пьер Вертиме, Лион, Франция

Церебральная инфракрасная спектроскопия при повреждении мозга

В обзоре литературы представлены данные об использовании церебральной инфракрасной спектроскопии (ЦИС) при повреждении головного мозга различной этиологии. Показана сопоставимость данных ЦИС с другими методами оценки церебральной сатурации: югулярной оксиметрией и церебральной инвазивной оксиметрией. Приведен опыт использования ЦИС в качестве составляющей многопараметрического нейромониторинга при черепно-мозговой травме (ЧМТ) и геморагическом инсульте.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, геморагический инсульт, церебральная инфракрасная спектроскопия.

Український нейрохірургічний журнал. — 2014. — №2. — С. 25-28.

Поступила в редакцию 17.02.14. Принята к публикации 26.03.14.

Адрес для переписки: Трофимов Алексей Олегович, Нижегородский региональный травматологический центр, Нижегородская областная клиническая больница им. Н.А. Семашко, ул. Родионова, 190, Нижний Новгород, Россия, 603126, e-mail: xtro7@mail.ru

Впервые инфракрасная спектроскопия (ИС) в клинической практике применена в 1977 г. F. Jobsis. Показано, что изменения интенсивности излучения коррелируют с концентрацией естественных хромофоров (оксигемоглобин — HbO₂, дезоксигемоглобин — Hb, цитохромоксидаза, меланин и некоторые другие) [1].

Вначале ИС не была количественной, а отражала только тенденцию к увеличению или уменьшению оксигенации. Первые приборы были большими и громоздкими, регистрируемые сигналы характеризовались значительными колебаниями и склонностью к появлению артефактов [2].

Широкое распространение ИС получила с внедрением аппаратов для оценки степени оксигенации крови в периферических тканях — пульс-оксиметров, а технология названа «пульс-оксиметрия» [3].

Дальнейший прогресс ИС связан с использованием когерентного излучения, когда появилась возможность неинвазивной оценки изменений кислородного статуса паренхимы головного мозга [4].

Это позволило использовать ЦИС в качестве составляющей комплекса нейромониторинга [5].

В последние годы ЦИС стала фактически синонимом термина «церебральная оксиметрия», несмотря на существование отдельного класса приборов, в которых для оценки сатурации ткани мозга используют полярографический метод [6, 7].

Однако в настоящее время исследования, посвященные изучению особенностей применения ЦИС при травмах и заболеваниях головного мозга, немногочисленны [6, 8], что обуславливает актуальность приведенного обзора литературы.

Метод ЦИС основан на эффекте проникновения света длиной волны от 680 до 1000 нм через ткани тела человека и поглощения естественными хромофорами: HbO₂, Hb, цитохромоксидазой, меланином, билирубином и некоторыми другими. Инфракрасное излучение поступает от источника через оптоволоконный кабель (оптод) к кожным датчикам, расположенным симметрично относительно средней линии и состоящим из эмиттера и трансмиттера, находящихся на расстоянии 3,5–6 см один от другого [7].

Пучок света с трансмиттера проникает через мягкие ткани головы, кости черепа в паренхиму головного мозга и, отражаясь и рассеиваясь, попадает на эмиттер.

Концентрация хромофоров: HbO₂, Hb и цитохромоксидазы является переменной величиной и напрямую зависит от уровня сатурации и метаболизма тканей [8, 9].

Концентрация других светопоглощающих субстанций, в частности, меланина, билирубина и прочих водорастворимых фракций очень мала, ее не учитывают при вычислениях [10, 11].

Для расчета концентрации хромофоров используют формулу Буге – Бира – Ламбера (Bouguer – Beer – Lambert) [8].

Она применима в неонатологии, поскольку череп ребенка достаточно тонкий, что допускает просвечивание насквозь [12, 13]. У взрослых из-за относительной толщины кожи головы, костей черепа и головного мозга обычная спектроскопия невозможна [14], поэтому ЦИС используют в режиме отражения, когда эмиттер и трансмиттер расположены на одной стороне головы [15, 16].

Статья содержит рисунки, которые отображаются в печатной версии — в оттенках серого, в электронной — в цвете.

Покров головы человека состоит из нескольких слоев разных тканей, которые обладают различными рассеивающими свойствами и содержат разную концентрацию поглощающих свет соединений. Поэтому в целях корректного определения содержания хромофоров в ткани мозга требуется введение нелинейных коэффициентов для определения поглощения и рассеяния света [17]. Кроме того, для исключения из расчетов крови, находящейся в покровах черепа, в последнее время предложено использовать двойные приемные датчики, которые располагают на расстоянии 2,5–3 см один от другого.

В настоящее время предложены несколько уникальных показателей церебральной оксиметрии, для которых показана высокая степень достоверности получаемых данных [18–20]:

- rSO₂ — regional saturation O₂;
- TOI — Tissue Oxygenation Index;
- rSctO₂ — regional cerebral tissue saturation O₂.

В многочисленных исследованиях показана высокая достоверность представленных показателей, что делает мониторинг кислородного статуса стандартной процедурой [15].

Для дополнительной оценки кислородного статуса головного мозга предложены различные коэффициенты и индексы, отражающие функциональное состояние микроциркуляторного русла и церебральной ауторегуляции.

- Коэффициент межполушарной асимметрии — отношение разности сатурации обоих полушарий большого мозга к меньшему значению, выраженное в процентах [8, 19].

- Индекс гемодинамического соответствия — отношение показателей ЦИС к среднему артериальному давлению (АД) [20].

- Индекс цереброваскулярной реактивности церебральной сатурации (ТОх) [21].

- Индекс общей реактивности гемоглобина (ТНх) [22] и др.

ЦИС применяют в основном для оценки изменений региональной оксигенации и кислородного статуса головного мозга при ЧМТ [21] и цереброваскулярных заболеваниях [3, 6, 23–25], а также у пациентов при патологии сонных артерий [26, 27].

При внутричерепных кровоизлияниях изменения церебральной сатурации достоверно коррелируют с изменениями оксигенации в луковице яремной вены (SjvO₂), а также показателями напряжения кислорода в ткани мозга по данным инвазивной тканевой церебральной оксиметрии (PbtO₂) [28].

Исследования церебральной ауторегуляции у пациентов при ЧМТ и геморрагическом инсульте на основании сопоставления индексов реактивности показали, что индекс общей реактивности гемоглобина (ТНх) имеет высокую достоверную взаимосвязь с индексом реактивности внутричерепного давления (PRх) [29].

Также установлена прямая достоверная корреляция между другими показателями церебральной ауторегуляции: индексами реактивности церебральной сатурации (ТОх) и реактивности линейного мозгового кровотока (Sxa), что свидетельствует о высокой точности и надежности полученных с помощью ЦИС данных [30].

На основании анализа проведенных исследований с использованием индекса ТНх и ТОх примерно у 50% пациентов стало возможным определить «оптимальное» церебральное перфузионное давление [31, 32].

Эти результаты показывают, что ЦИС — незаменимый метод для оптимизации целевой терапии у пациентов при внутричерепном кровоизлиянии, и особенно, если по каким-либо причинам не проведен мониторинг внутричерепного давления [33–35].

ЦИС позволяет неинвазивно оценивать изменения перфузии мозга [36, 37].

При исследовании взаимосвязи между параметрами компьютерно-томографической перфузии мозга и уровнем церебральной оксигенации у пациентов при нетравматическом внутричерепном кровоизлиянии установлена высокодостоверная взаимосвязь между SctO₂ и объемной скоростью кровотока (CBF) [38].

Аналогичные результаты отмечены при сопоставлении данных ЦИС и позитронно-эмиссионной томографии [39].

В то же время, при исследовании компьютерно-томографической перфузии головного мозга и ЦИС у пациентов при ЧМТ, наоборот, выявлена достоверная взаимосвязь между уровнем церебральной оксигенации и регионарным объемом циркулирующей крови. Особенности перфузии мозга и церебральной оксигенации при травматическом и сосудистом повреждении головного мозга обусловлены тем, что регионарный объемный мозговой кровоток, в отличие от регионарного объема крови, также может зависеть от состояния артериального русла, следовательно, существенно варьировать при возникновении церебрального ангиоспазма [40].

Использование эффекта трансиллюминации не ограничилось созданием аппаратов для цифрового отобрания сатурации мозга [41].

Так, широкое распространение в неотложной нейрохирургии в развитых странах получил аппарат «Infrascanner», который по принципу ИС используют для скринингового неинвазивного выявления травматических внутричерепных гематом в отсутствие других методов нейровизуализации (**см. рисунок**).

Таким образом, потенциал клинического использования ЦИС не исчерпан, необходимы дальнейшие исследования [39, 42, 43].

Вместе с тем, при внедрении в практику ЦИС выявлены некоторые ограничения ее использования. При кровоизлиянии в мягкие ткани и переломах костей черепа возникают локальные изменения концентрации естественных хромофоров, что не позволяет корректно определить регионарную сатурацию в паренхиме мозга [44, 45].

Подобные погрешности описаны при расположении датчиков в зонах высокой концентрации волосяных луковиц, в области расположения синусов и лобных пазух [8, 46].



Применение аппарата «Infrascanner».

Невозможно определение раздельной сатурации серого и белого вещества мозга [47, 48], а также одновременное проведение ЦИС и магниторезонансной томографии [43, 49].

Наконец, применение ЦИС ограничено при индивидуальных изменениях уровня хромофоров, которые уменьшают точность абсолютных значений церебральной сатурации, поэтому практическую значимость имела только динамика изменения показателей. Вместе с тем, разработка в последние годы метода инфракрасной церебральной спектроскопии с применением источников когерентного света (лазеров) позволила существенно улучшить результаты мониторинга, в связи с чем некоторые исследователи позиционируют такие приборы как «абсолютный церебральный оксиметр» [50].

В заключение необходимо отметить, что ЦИС — быстроразвивающаяся технология, которая имеет существенный потенциал для технического совершенствования. Улучшение методологии, точности и специфичности расширит область применения метода у пациентов при внутричерепных кровоизлияниях [2].

Список литературы

- Jobsis F. Non-invasive infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters / F. Jobsis // *Science*. — 1977. — V.198. — P.1264–1267.
- Gersten A. Probing brain oxygenation with near infrared spectroscopy / A. Gersten // *NeuroQuantology*. — 2009. — V.7, N2. — P.258–266.
- Dylst D. Monitoring of absolute cerebral oxygen saturation during craniotomy for acute intracerebral bleeding / D. Dylst // *Eur. J. Anaesthesiol.* — 2009. — V.26, suppl.45. — P.5–6.
- Cutini S. Functional near infrared optical imaging in cognitive neuroscience: an introductory review / S. Cutini, S. Basso Moro, S. Bisconti // *J. Near Infrared Spectrosc.* — 2012. — V.20. — P.75–92.
- Highton D. Noninvasive cerebral oximetry: is there light at the end of the tunnel? / D. Highton // *Curr. Opin. Anaesthesiol.* — 2010. — V.3, N5. — P.576–581.
- Мацкеплишвили М.Т. Церебральная оксиметрия в комплексном неинвазивном мониторинге церебральных функций у больных в острой стадии полушарного инсульта: автореф. дис. ... канд. мед. наук: спец. 14.00.13 — нервные болезни / М.Т. Мацкеплишвили; Московский гос. медико-стомат. ун-т МЗ РФ. — М., 2012 — 45 с.
- Bauernfeind G. Development, set-up and first results for a one-channel near-infrared spectroscopy system / G. Bauernfeind, R. Leeb, S.C. Wriessnegger // *Biomed. Tech. (Berl.)*. — 2008. — V.53. — P.36–43.
- Лазарев В.В. Церебральная оксиметрия и нейромониторинг в диагностике вторичных повреждений головного мозга после внутричерепных кровоизлияний: автореф. дис. ... канд. мед. наук: спец. 14.00.37 — анестезиология и реаниматология, 14.00.28 — нейрохирургия / В.В. Лазарев; НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. — М., 2004. — 35 с.
- Abdelnou A.F. Real-time imaging of human brain function by near infrared spectroscopy using an adaptive general linear model / A.F. Abdelnou, T. Huppert // *NeuroImage*. — 2009. — V.46. — P.133–143.
- Mortality and regional oxygen saturation index in septic shock patients: a pilot study / A. Rodriguez, T. Lisboa, I. Martin-Loeches, E. Diaz, S. Treffer, M.I. Restrepo, J. Rello // *J. Trauma*. — 2011. — V.70, N5. — P.1145–1152.
- Comparison of two spatially resolved near-infrared photometers in the detection of tissue oxygen saturation: poor reliability at very low oxygen saturation / T. Komiyama, V. Quaresima, H. Shigematsu, M. Ferrari // *Clin. Sci.* — 2001. — V.101, N6. — P.715–718.
- Toet M. Brain monitoring in neonates / M. Toet, P. Lemmers // *Early Hum. Dev.* — 2009. — V.85, N2. — P.77–84.
- Quaresima V. A brief review on the use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for language imaging studies in human newborns and adults / V. Quaresima, S. Bisconti, M. Ferrari, // *Brain Lang.* — 2012. — V.121. — P.79–89.
- De Backer D. Monitoring the microcirculation in the critically ill patient: current methods and future approaches / D. De Backer, G. Ospina-Tascon, D. Salgado // *Intens. Care Med.* — 2010. — V.36, N11. — P.1813–1825.
- Durduran T. Diffuse optics for tissue monitoring and tomography / T. Durduran, R. Choe, W.B. Baker // *Rep. Prog. Phys.* — 2010. — V.73. — P.76–71.
- Kleinschmidt A. Simultaneous recording of cerebral blood oxygenation changes during human brain activation by magnetic resonance imaging and near-infrared spectroscopy / A. Kleinschmidt, H. Obrig, M. Requardt // *J. Cerebral Blood Flow Metab.* — 1996. — V.16. — P.817–826.
- Moerman A. Near-infrared spectroscopy monitoring in contemporary anesthesia and critical care / A. Moerman, P. Wouters // *Acta Anaesthesiol. Belg.* — 2010. — V.61, N4. — P.185–194.
- Drayna P. Near-infrared spectroscopy in the critical setting / P. Drayna, T. Abramo, C. Estrada // *Pediatr. Emerg. Care.* — 2011. — V.27. — P.432–439.
- Noninvasive monitoring of cerebrovascular reactivity with near infrared spectroscopy in head-injured patients / C. Zweifel, G. Castellani, M. Czosnyka, A. Helmy, A. Manktelow, E. Carrera, K.M. Brady, P.J. Hutchinson, D.K. Menon, J.D. Pickard, P. Smielewski // *J. Neurotrauma*. — 2010. — V.27, N11. — P.1951–1958.
- Tachtsidis I. Analysis of the changes in the oxidation of brain tissue cytochrome-c-oxidase in traumatic brain injury patients during hypercapnoea: a broadband NIRS study / I. Tachtsidis, M. Tisdall, C. Pritchard // *Adv. Exp. Med. Biol.* — 2011. — V.701. — P.9–14.
- Weerakkody R. Near infrared spectroscopy as possible non-invasive monitor of slow vasogenic ICP waves / R. Weerakkody, M. Czosnyka, C. Zweifel // *Acta Neurochir.* — 2012. — V.114, suppl. — P.181–185.
- Diedler J. Assessment of cerebrovascular reactivity using THx depends on power of slow oscillations / J. Diedler, C. Zweifel, K. Budohoski // 14th International Conference Intracranial Pressure and Brain Monitoring (Tübingen, Germany, Sept. 12–16, 2010). — Tübingen, Germany, 2010. — P.145–146.
- Continuous cardiac output and near-infrared spectroscopy monitoring to assist in management of symptomatic cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage / T. Mutoh, T. Ishikawa, A. Suzuki, N. Yasui // *Neurocrit. Care.* — 2010. — V.13, N3. — P.331–338.
- Budohoski K. Comparison of changes in brain tissue oxygenation, tissue oxygen index and tissue hemoglobin index in response to transient changes in cerebral hemodynamics / K. Budohoski, J. Diedler, C. Zweifel // 14th International Conference Intracranial Pressure and Brain Monitoring (Tübingen, Germany Sept. 12–16, 2010). — Tübingen, Germany, 2010. — P.148.
- Budohoski K. Cerebral autoregulation after subarachnoid haemorrhage: Comparison of three methods. / K. Budohoski, M. Czosnyka, P. Smielewski // 15th International Conference Intracranial Pressure and Brain Monitoring (Singapore, Nov. 6–10, 2013). — Singapore, 2013. — P.124–125.
- Preoperative cerebral oxygen saturation and clinical outcomes in cardiac surgery / M. Heringlake, C. Garbers, J. Kabler, I. Anderson, H. Heinze, J. Schön, K.U. Berger, L. Dibbelt, H.H. Sievers, T. Hanke // *Anesthesiology*. — 2011. — V.114, N1. — P.58–69.
- Usefulness and limits of near infrared spectroscopy monitoring during endovascular neuroradiologic procedures / A.T. Mazzeo, R. Di Pasquale, N. Settineri, G. Bottari, F. Granata, G. Faragò, A. Pitrone, M. Longo, L. Santamaria // *Minerva Anaest.* — 2012. — V.78, N1. — P.35–45.
- MacLeod D. Simultaneous comparison of FORE-SIGHT and INVOS cerebral oximeters to jugular bulb and arterial CO₂oximetry measurements in healthy volunteers / D. MacLeod // *Anesth. Analg.* — 2009. — V.108, suppl. — P.1–104.
- Near-infrared spectroscopy can monitor dynamic cerebral autoregulation in adults / L. Steiner, D. Pfister, S. Strelbig, D. Radolovich, P. Smielewski, M. Czosnyka // *Neurocrit. Care.* — 2009. — V.10, N1. — P.122–128.
- Kim M. Noninvasive measurement of cerebral blood flow and blood oxygenation using near-infrared and diffuse correlation spectroscopies in critically brain-injured adults / M. Kim, T. Durduran // *Neurocrit. Care.* — 2010. — V.12, N2. — P.173–180.
- Diedler J. The limitations of near-infrared spectroscopy to assess cerebrovascular reactivity: the role of slow frequency oscillations / J. Diedler, C. Zweifel, K. Budohoski // *Br. J. Anaesth.* — 2012. — V.108, N1. — P.89–99.
- Highton D. Modelling cerebrovascular reactivity: a novel near-infrared biomarker of cerebral autoregulation? / D. Highton, J. Panovska-Griffiths, A. Ghosh // *Adv. Exp. Med. Biol.* — 2013. — V.765. — P.87–93.
- Zweifel C. Non-invasive monitoring of cerebrovascular reactivity with near infrared spectroscopy in head injured patients / C. Zweifel, C. Castellani // 14th International Conference Intracranial Pressure and Brain Monitoring (Tübingen, Germany Sept. 12–16, 2010). — Tübingen, Germany, 2010. — P.48–49.
- Gupta C.N. Novel analysis techniques for a brain biometric system / C.N. Gupta, R. Palaniappan // *Intern. J. Med. Engin. Inform.* — 2008. — V.1, N2. — P.266–273.
- Zweifel C. Continuous assessment of cerebral autoregulation with near infrared spectroscopy in adults after subarachnoid hemorrhage / C. Zweifel, G. Castellani, M. Czosnyka // 14th International Conference Intracranial Pressure and Brain Monitoring (Tübingen, Germany Sept. 12–16, 2010). — Tübingen,

- Germany, 2010. — P.194–195.
36. Real-time continuous monitoring of cerebral blood flow autoregulation using near-infrared spectroscopy in patients undergoing cardiopulmonary bypass / K. Brady, B. Joshi, C. Zweifel, P. Smielewski, M. Czosnyka, R.B. Easley, C.W. Jr. Hogue // *Stroke*. — 2010, N9. — V.41. — P.1951–1956.
 37. Invasive and noninvasive assessment of cerebral oxygenation in patients with severe traumatic brain injury / S. Leal-Naval, A. Cayuela, V. Arellano-Orden, A. Marín-Caballeros, V. Padilla, C. Ferrández-Millón, Y. Corcia, C. García-Alfaro, R. Amaya-Villar, F. Murillo-Cabezas // *Intens. Care Med.* — 2010. — V.36. — P.1309–1317.
 38. Validation of frontal near-infrared spectroscopy as noninvasive bedside monitoring for regional cerebral blood / P. Taussky, B. O'Neal, W.P. Daugherty, S. Luke, D. Thorpe, R.A. Pooley, C. Evans, R.A. Hanel, W.D. Freeman // *Neurosurg. Focus*. — 2012. — V.32, N2. — P.1–6.
 39. Wolf M. Progress of near-infrared spectroscopy and topography for brain and muscle clinical applications / M. Wolf, M. Ferrari, V. Quaresima // *J. Biomed. Opt.* — 2007. — V.12. — P.62–104.
 40. Трофимов А.О. Мозговой кровотока и церебральная оксигенация у пациентов с черепно-мозговой травмой. Сопоставление данных перфузионной компьютерной томографии и церебральной инфракрасной спектроскопии / А.О. Трофимов, М.Ю. Юрьев, О.В. Военнов // *Український нейрохірургічний журнал*. — 2013. — №1. — P.40–45.
 41. Leon-Carrion J. The infrascanner, a handheld device for screening in situ for the presence of brain haematomas / J. Leon-Carrion, J. Dominguez-Roldan // *Brain Inj.* — 2010. — V.24, N10. — P.1193–2001.
 42. Smith M. Shedding light on the adult brain: a review of the clinical applications of near-infrared spectroscopy / M. Smith // *Philos. Transact. A Math. Phys. Eng. Sci.* — 2011. — V.36. — P.4452–4469.
 43. Ferrari M. A brief review on the history of human functional near infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application / M. Ferrari, V. Quaresima // *NeuroImage*. — 2012. — V.63. — P.921–935.
 44. Minati L. Intra- and extra-cranial effects of transient blood pressure changes on brain near-infrared spectroscopy (NIRS) measurements / L. Minati // *J. Neurosci. Meth.* — 2011. — V.197. — P.283–288.
 45. Takahashi T. Influence of skin blood flow on near-infrared spectroscopy signals measured on the forehead during a verbal fluency task / T. Takahashi, Y. Takikawa // *NeuroImage*. — 2011. — V.57. — P.991–1002.
 46. Kirilina E. The physiological origin of task-evoked systemic artefacts in functional near infrared spectroscopy / E. Kirilina, A. Jelzow, A. Heine, M. Niessing, H. Wabnitz, R. Brühl, B. Ittermann, A.M. Jacobs, I. Tachtsidis // *NeuroImage*. — 2012. — V.61, N1. — P.70–81.
 47. Frontiers in optical imaging of cerebral blood flow and metabolism / A. Devor, V. Srinivasan [et al.] // *J. Cereb. Blood Flow Metab.* — 2012. — V.32. — P.1259–1276.
 48. Elwell C. Making light work: illuminating the future of biomedical optics / C. Elwell, C. Cooper // *Philos. Transact. R. Soc. A.* — 2011. — V.369. — P.4358–4379.
 49. A review on continuous wave functional near-infrared spectroscopy and imaging instrumentation and methodology / F. Scholkmann, S. Kleiser, J. Mata Pavia, U. Wolf, M. Wolf // *NeuroImage*. — 2013. — V.15, N85, pt.1. — P.6–27.
 50. Gagnon L. Short separation channel location impacts the performance of short channel regression in NIRS / L. Gagnon, R. Cooper // *NeuroImage*. — 2012. — V.59. — P.2518–2528.

Трофимов О.О.^{1,2}, Павлов В.В.³, Военнов О.В.^{1,2}

¹ Нижегородський регіональний травматологічний центр, Нижегородська обласна клінічна лікарня ім. М.О. Семашка, Нижній Новгород, Росія

² Кафедра неврології та нейрохірургії, Нижегородська державна медична академія, Нижній Новгород, Росія

³ Департамент нейрохірургії D, Неврологічний і нейрохірургічний госпіталь П'єр Вертіме, Ліон, Франція

Церебральна інфрачервона спектроскопія при ушкодженні мозку

В огляді літератури представлені дані про використання церебральної інфрачервоної спектроскопії при ушкодженні головного мозку різної етіології. Показана зіставність даних церебральної спектроскопії з іншими методами оцінки церебральної сатурації: югулярно оксиметрією та церебральною інвазивною оксиметрією. Наведений досвід використання церебральної спектроскопії як багатопараметричної складової нейромоніторинга при черепно-мозковій травмі і геморагічному інсульті.

Ключові слова: черепно-мозкова травма, геморагічний інсульт, церебральна інфрачервона спектроскопія.

Український нейрохірургічний журнал. — 2014. — №2. — С. 25-28.

Надійшла до редакції 17.02.14. Прийнята до публікації 26.03.14.

Адреса для листування: Трофимов Олексій Олегович, Нижегородський регіональний травматологічний центр, Нижегородська обласна клінічна лікарня ім. М.О. Семашка, вул. Родіонова, 190, Нижній Новгород, Росія, 603126, e-mail: xtro7@mail.ru

Trofimov A.O.^{1,2}, Pavlov V.V.^{1,2}, Voennov O.V.³

¹ Regional Trauma Center, Nizhny Novgorod Regional Hospital named after N.A. Semashko, Nizhny Novgorod, Russia

² Department of Neurology and Neurosurgery, Nizhny Novgorod State Medical Academy, Nizhny Novgorod, Russia

³ Department of Neurosurgery D, Neurological and Neurosurgical Hospital Pierre Wertheimer, Lyon, France

Cerebral infrared spectroscopy at brain injury

Data on cerebral infrared spectroscopy (CIS) use at different brain injuries are reviewed. CIS comparability with other methods for assessment of cerebral oxygen saturation (jugular oximetry and invasive cerebral oximetry) was shown. The experience of CIS use as a part of multiparameter neuromonitoring at traumatic brain injury and hemorrhagic stroke is given.

Key words: traumatic brain injury, hemorrhagic stroke, cerebral infrared spectroscopy.

Ukr Neurokhir Zh. 2014; 2: 25-8.

Received, February 17, 2014. Accepted, March 26, 2014.

Address for correspondence: Alex O. Trofimov, Regional Trauma Center, Nizhny Novgorod Regional Hospital named after N.A. Semashko, Rodionova St., 190, Nizhny Novgorod, Russia, 603126, e-mail: xtro7@mail.ru