

УДК 535.33:[612.13+611.778]

СПЕКЛ-ОПТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОГЕМОДИНАМИКИ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ВИСОЧНОЙ ОБЛАСТИ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНЫМИ АНЕВРИЗМАМИ

Л.А. ВАСИЛЕВСКАЯ¹, С.К. ДИК², Н.И. НЕЧИПУРЕНКО¹,
К.Д. ЯШИН², М.М. САЛИМИ ЗАДЕХ²

¹ГУ «РНПЦ неврологии и нейрохирургии», Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 18 января 2018

Аннотация. Показана возможность применения спекл-оптического метода для объективизации кожного кровотока и оценки сосудистой реактивности при задержке дыхания (ЗД) и гипервентиляции (ГВ). Обследован 21 пациент с артериальными аневризмами (АА) головного мозга. Запись кровотока проводили в кожных покровах височной области с обеих сторон. Установлено нарушение сосудистой реактивности при проведении дыхательных проб в виде развития парадоксальных реакций или снижения адекватных реакций на ЗД и ГВ на стороне с АА. Наиболее информативными являются мощность спектра и средняя частота спектра.

Ключевые слова: артериальная аневризма, сосудистая реактивность, задержка дыхания, гипервентиляция, спекл-оптика.

Abstract. The possibility of application of the speckle-optical method for the objectivization of cutaneous blood flow and evaluation of vascular reactivity with respiratory arrest and hyperventilation is shown. 21 patients with arterial aneurysms (AA) of the brain were examined. Recording of blood flow was carried out on skin of the temporal region on both sides. Violation of vascular reactivity during respiratory tests in the form of development of paradoxical reactions or reduction of adequate responses to HF and HB on the side with AA has been established. The most informative are the power of the spectrum and the mean frequency of the spectrum.

Keywords: arterial aneurysms, vascular reactivity, delayed breathing, hyperventilation speckle-optics.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 112, No. 2, pp. 64-71

**Speckle-optical characteristics of microhemodynamics
of the temporal region skin in patients with arterial aneurysms**

L.A. Vasilevskaya, S.K. Dick, N.I. Nechipurenko, K.D. Yashin, M.M. Salimi Zadeh

Введение

Причинами формирования артериальных аневризм (АА) головного мозга являются не только морфологические и атеросклеротические изменения стенок артерий, механические повреждения сосудов, но и гемодинамические особенности циркуляции крови в сосудах артериального круга большого мозга, что способствует развитию его гипоксии [1–4]. Для объективизации ауторегуляции мозгового кровообращения и его компенсаторных возможностей у пациентов с АА головного мозга целесообразно исследовать микрогемодициркуляцию при воздействии различных функциональных проб, вызывающих вазодилататорную и/или вазоконстрикторную реакцию сосудов за счет изменения тонуса артерий и артериол мозга, что до настоящего времени мало изучено [5]. Использование спекл-оптического метода расширит возможности применения когерентных неинвазивных методов исследования кровотока с целью улучшения диагностики, что позволит оптимизировать комплексное лечение этой патологии с учетом типов микрогемодициркуляторных перестроек.

Материалы и методы

Функциональное состояние кожной микрогемодинамики (МГД) изучали неинвазивным спекл-оптическим методом с использованием устройства Speckle-SCAN, представляющего собой лазерную спекл-оптическую систему контроля микроциркуляции крови [6]. Устройство разработано и изготовлено в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники (рис.1). Проводили расчет амплитудно-частотных характеристик спектров флуктуации интенсивности динамического спекл-поля, образованного в результате рассеивания лазерного излучения кожными покровами височной области: мощности спектра S , равной площади под спектральной кривой и отражающей объем кровенаполнения микрососудов кожи; средней частоты спектра $\langle f \rangle$, коррелирующей с линейной скоростью кровотока; полосового коэффициента Kb , характеризующего структуру спектра с учетом соотношения высоко- и низкочастотных колебаний. Учитывая, что изменения микрогемодинамики сопровождаются высокочастотными сигналами, спектры рассчитывали в диапазоне частот 40–1000 Гц.



Рис. 1. Устройство Speckle-SCAN для неинвазивной оценки состояния поверхностной микрогемодинамики

Известно, что в височно-лобных отделах теменная ветвь поверхностной височной артерии анастомозирует с надглазничной ветвью из системы внутренней сонной артерии, кровоснабжающей кожу висков и лба. Принимая во внимание анатомические особенности кровоснабжения, а также наличие анастомозов между сосудами наружной и внутренней сонными артериями, регистрацию спекл-оптических показателей МГД осуществляли в кожных покровах висков, что позволило по изменениям кожного кровотока в этой области косвенно судить о состоянии церебральной микрогемодинамики.

Обследование пациента проводили в положении лежа, приемно-осветительный датчик располагали последовательно в симметричных точках в области висков на левой и правой сторонах. Алгоритм проведения спекл-оптического исследования реактивности сосудов микрогемодинамического русла кожных покровов предусматривает регистрацию показателей в покое для определения исходного состояния кровотока, а затем – в условиях выполнения дыхательных тестов с оценкой прироста/снижения значений, выраженной в процентах, по отношению к исходным данным. При выполнении функциональной пробы с ЗД регистрировали параметры кожной МГД при спокойном дыхании для оценки ее начального уровня, затем пациент выполнял пробу Генчи (ЗД на выдохе), которая продолжалась 25–30 с. Последующую регистрацию осуществляли в течение 5 мин после восстановления дыхания с фиксацией результатов каждую минуту для оценки вазодилаторного резерва. Оценку вазоконстрикторного резерва сосудов головного мозга проводили в условиях выполнения гипоксической функциональной пробы с ГВ. Спекл-оптические параметры МГД регистрировали при спокойном дыхании, а затем – после окончания 3-минутной ГВ в течение 5 мин с фиксацией результатов каждую минуту. Применяемый алгоритм исследований позволяет оценить сосудистую реактивность, сравнивая значения показателей до проведения тестов с ЗД и ГВ и через 1, 2, 3, 4, 5 мин после прекращения ЗД или форсированного дыхания соответственно.

Коэффициент реактивности (КР) определяли по следующим формулам [7].

Для мощности спектра S : $KP_S = (S/S_0 - 1) \cdot 100$; для средней частоты спектра $\langle f \rangle$: $KP_{\langle f \rangle} = (\langle f \rangle / \langle f \rangle_0 - 1) \cdot 100$, для полосового коэффициента Kb : $KP_{Kb} = (Kb/Kb_0 - 1) \cdot 100$, где S , $\langle f \rangle$, Kb – показатели в течение функционального теста, S_0 , $\langle f \rangle_0$, Kb_0 , – показатели в фоне.

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0. Данные обрабатывали с помощью непараметрических методов исследования. Результаты представляли в виде медианы и интерквартильного интервала (Me (25⁰/₀₀; 75⁰/₀₀). Учитывали абсолютные числа и относительные величины в процентах (%). Статистически значимыми считали значения $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Спекл-оптическое исследование сосудистой реактивности в условиях ЗД и ГВ проведено 21 пациенту с неразорвавшимися АА, диагностированными с помощью компьютерной томографической ангиографии. У пациентов с АА адекватная вазодилататорная реакция сосудов микрогемоциркуляторного русла кожных покровов височной области интактной стороны в условиях выполнения теста с ЗД зарегистрирована в 10 случаях (48 %). При этом в 94 % случаев наблюдаемые реакции были своевременными и развивались в течение 2 мин после восстановления дыхания. У 5 пациентов (24 %) выявлены парадоксальные реакции сосудов на гиперкапнию, которые выражались в констрикции кожных микрососудов в ответ на ЗД, что сопровождалось снижением мощности спектра S в течение всего постгипервентиляционного периода. В остальных случаях (6 чел., 28 %) зарегистрированы неустойчивые и неопределенные сосудистые реакции с разнонаправленным изменением показателей в течение 5 мин после восстановления дыхания. При развитии адекватной сосудистой реакции в условиях выполнения ЗД на интактной стороне установлено увеличение мощности спектра S в течение 1-й и 2-й мин: $KP_s = 35\%$ ($p = 0,007$) и $KP_s = 22\%$ ($p = 0,07$) соответственно, с последующим ее снижением в наблюдаемом периоде (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1. Динамика показателей кожной МГД в области висков на интактной стороне у пациентов с АА с адекватными реакциями при выполнении пробы с ЗД (медиана и квартили), $n = 16$

Показатели МГД	До ЗД (фон)	Период восстановления дыхания				
		1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин
S , отн. ед.	10116 6178–18794	14427 10454–24820 $p = 0,007$	10251 6353–22612 $p = 0,07$	7943 3474–13915	5864 3998–13477	6412 3055–11922
$\langle f \rangle$, Гц	139,5 135–155	139 136–143	145 129–157	149 130–163	149 135–162	141 140–156
Kb , отн. ед.	0,25 0,22–0,27	0,21 0,20–0,25 $p = 0,05$	0,24 0,22–0,27	0,28 0,24–0,33	0,31 0,23–0,36	0,28 0,22–0,32

Примечание: здесь и в табл. 2–5 p -значения статистически значимы по сравнению с фоном.

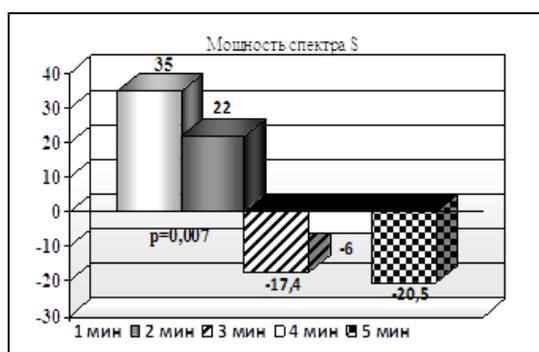


Рис. 2. Динамика мощности спектра S кривой кожного кровотока в области висков на интактной стороне у пациентов с АА в условиях выполнения пробы с ЗД, %

Выявлена тенденция к возрастанию средней частоты спектра $\langle f \rangle$ кривой кожной МГД в этих условиях на 2 и 5 % соответственно 2-й и 3-й мин после окончания ЗД по сравнению с фоном. Изменения полосового коэффициента Kb за период 5-минутной регистрации были неустойчивы, что проявилось в разнонаправленности сдвигов Kb со снижением его значений на 12 % ($p = 0,05$) в течение 1 мин после восстановления дыхания и последующими недостоверными изменениями (рис. 3).

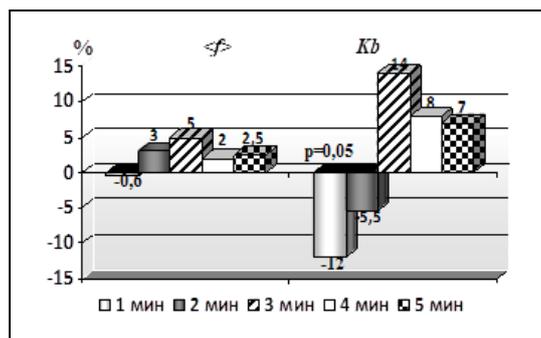


Рис. 3. Динамика средней частоты спектра $\langle f \rangle$ и полосового коэффициента K_b кривой кожного кровотока в области висков на интактной стороне у пациентов с АА в условиях выполнения теста с ЗД, %

При исследовании динамики спекл-оптических показателей на контралатеральной стороне с диагностированными аневризмами в 76 % случаев (16 чел.) зарегистрированы адекватные реакции сосудов микрогемодикуляторного русла кожных покровов виска на гиперкапнию, что статистически не отличалось от количества адекватных сосудистых реакций пациентов этой же группы на противоположной здоровой стороне, $p = 0,06$ (табл. 2.). В течение 1-й и 2-й мин после окончания ЗД на стороне с АА адекватные сосудистые реакции на гиповентиляцию наблюдали в 87,5 % случаев. При этом мощность спектра S увеличивалась на 13 % ($p = 0,039$) через 1 мин после восстановления дыхания по сравнению с данными до проведения дыхательного теста. Регистрируемые реакции на стороне АА хотя и были своевременными, но отличались краткосрочностью и нестабильностью вазодилатации, что проявилось в снижении вазодилаторного эффекта через 2 мин после ЗД и развитии последующей вазоконстрикции, по данным динамики мощности спектра (рис. 4).

Таблица 2. Динамика показателей кожной МГД в области висков на стороне с АА у пациентов в условиях выполнения пробы с ЗД (медиана и квартили), $n = 16$

Показатели МГД	До ЗД (фон)	Период восстановления дыхания				
		1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин
S , отн. ед.	9073 7211–17596	12903 9658–19115 $P = 0,039$	8550 6483–21393	9460 5326–15615	8897 5477–19726	9036 5661–16584
$\langle f \rangle$, Гц	138,5 128–149	138 138–130	145 129–160	141 129–148	142 134–156	135 129–148
K_b , отн. ед.	0,23 0,215–0,27	0,22 0,197–0,26	0,25 0,217–0,29	0,24 0,219–0,29	0,23 0,214–0,30	0,25 0,20–0,31

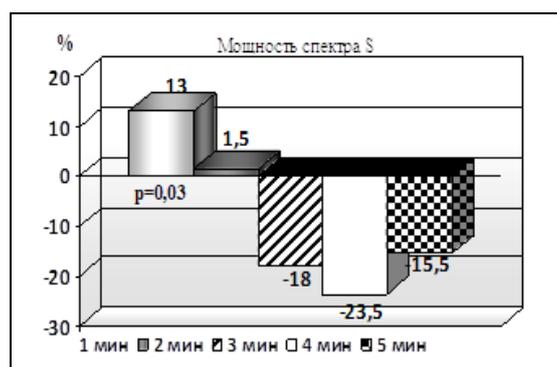


Рис. 4. Динамика мощности спектра S кривой кровотока в области висков у пациентов на стороне с АА после ЗД, %

У обследованных пациентов этой группы существенных изменений остальных спекл-оптических параметров на стороне с АА не зарегистрировано. В постгиповентиляционном периоде наблюдали тенденцию к снижению средней частоты спектра и статистически не значимые разнонаправленные сдвиги полосового коэффициента. По данным мощности спектра, количественные значения сосудистых реакций на ЗД в этой группе на стороне с диагностированной АА были снижены в сравнении с интактной стороной (13 % против 35 %, $p < 0,05$).

Следовательно, у пациентов с АА в 24 % случаев (5 пациентов) в условиях выполнения теста с ЗД наблюдали нарушение вазодилаторных реакций сосудов микрогемодиализаторного русла кожных покровов височной области с обеих сторон, что выражалось развитием парадоксальных сосудистых реакций. У пациентов с адекватными реакциями на ЗД динамика значений и направленность исследуемых спекл-оптических показателей, установленных в височной области на интактной и стороне с диагностированной АА, свидетельствуют о межполушарном различии мощности спектра с преобладанием значений S на интактной стороне, что характеризует снижение кровотока на стороне с АА и отражает нарушение механизмов ауторегуляции мозгового кровообращения с ослаблением вазодилатации в условиях гиперкапнии.

При проведении дыхательного теста с гипокапнией в условиях 3 мин гипервентиляции у 13 пациентов (62 %) с АА зарегистрирована вазоконстрикторная реакция сосудов микрогемодиализаторного русла кожных покровов височной области интактной стороны. У этих пациентов в 92 % случаев адекватные сосудистые реакции наблюдали в течение 3-х мин после восстановления дыхания, то есть по времени возникновения зафиксированы своевременные реакции. У 8 пациентов (38 %) развивались парадоксальные реакции сосудов на гипокапнию, которые выражались в расширении кожных артериол и капилляров, что приводило к увеличению емкости микрогемодиализаторного русла и возрастанию мощности спектра S в ответ на ГВ. В табл. 3 и на рис. 5 представлена динамика спекл-оптических показателей адекватной сосудистой реактивности на ГВ на интактной стороне. Установлено снижение мощности спектра S в течение 1-й, 2-й и 3-й мин на 26 % ($p = 0,033$), 33 % ($p = 0,019$) и 19 % ($p = 0,039$) соответственно с последующей ее нормализацией в постгипервентиляционном периоде. Направленность изменений средней частоты спектра и полосового коэффициента спектра носила противоположный характер с преимущественным статистически незначимым увеличением значений в период восстановления дыхания после окончания ГВ.

Таблица 3. Динамика показателей кожной МГД в области висков на интактной стороне у пациентов с АА в условиях выполнения пробы с ГВ (медиана и квартили), $n = 13$

Показатели МГД	До ГВ (фон)	Период восстановления дыхания				
		1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин
S , отн. ед.	11922 8154–30246	9356 4663–13251 $p = 0,033$	7929 5261–14929 $p = 0,019$	10592 7818–17342 $p = 0,039$	10362 7781–21201	11030 6504–19979
$\langle f \rangle$, Гц	136 129–141	137 128–144	140 135–143	142 132–153	142 130–160	142 130–157 $p = 0,07$
Kb , отн. ед.	0,23 0,195–0,27	0,24 0,204–0,33	0,26 0,227–0,32	0,23 0,201–0,33	0,27 0,216–0,28	0,24 0,211–0,33

На стороне с аневризмами у 12 пациентов (57 %) в ответ на ГВ развивались адекватные сосудистые реакции кожных покровов виска, которые у всех этих лиц зарегистрированы в течение 2-х мин. В 43 % случаев (9 чел.) формировались парадоксальные реакции. Из табл. 4 и рис. 5 видно, что статистически значимые изменения мощности спектра S появились в 1-ю мин постгипервентиляционного периода со снижением значений: $KP_s = 28$ % ($p = 0,019$) в сравнении с фоном, что позволяет судить о развитии своевременных, но краткосрочных сосудистых реакций, поскольку при дальнейшем наблюдении отмечено стабильное восстановление значений S . Установленные сдвиги средней частоты спектра характеризуются незначительным ее увеличением ($KP_{\langle f \rangle} = 5$ %) спустя 4 мин после восстановления дыхания (0,019), при этом изменения полосового коэффициента хотя и стабильны, но незначительны по величине и статистически не достоверны.

Следовательно, у пациентов с АА в 38 % случаев на интактной стороне и 43 % случаев на стороне с АА наблюдали нарушение вазоконстрикторных реакций сосудов микрогемодиализаторного русла кожных покровов височной области при выполнении теста с ГВ, что выражалось развитием парадоксальных сосудистых реакций. Установлены межполушарные различия в величине и стабильности исследуемых реакций с формированием на стороне с АА количественно менее выраженных и кратковременных реакций.

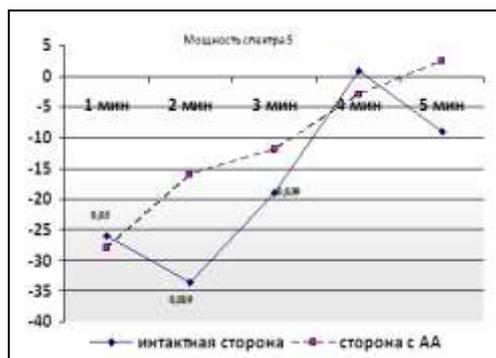


Рис. 5. Динамика мощности спектра S кривой кожного кровотока в области висков у пациентов с АА в условиях выполнения пробы с ГВ, %

Таблица 4. Динамика показателей кожной МГД у пациентов в области висков на стороне с АА в условиях выполнения пробы с ГВ (медиана и квартили), $n = 12$

Показатели МГД	До ЗД	Период восстановления дыхания				
		1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин
S , отн. ед.	8206 5785–18807	7434 3571–13014 $p = 0,019$	7786 5283–12445 $p = 0,08$	7882 5198–16290	8396 5864–18429	9535 6099–27073
$\langle f \rangle$, Гц	133,5 130–157,5	146 128–165	147 126–156	135 120–153	147 134–161 $p = 0,019$	147 136–155
Kb отн. ед.	0,26 0,221–0,30	0,251 0,230–0,35	0,271 0,236–0,31	0,249 0,224–0,31	0,256 0,228–0,28	0,252 0,211–0,28

Заключение

Применение спекл-оптического метода регистрации кожной МГД контралатеральных сторон височной области у пациентов с АА позволило объективизировать состояние кожного кровотока с дифференциацией реактивности сосудов головного мозга в условиях изменения газового состава крови при выполнении дыхательных проб с гипер- и гипоксией. У большинства обследованных пациентов преобладали адекватные сосудистые реакции. Однако выявление парадоксальных сосудистых реакций в 24 % случаев на контралатеральных сторонах в условиях выполнения теста с ЗД, а при ГВ – в 38 % на интактной стороне и 43 % случаях на стороне с АА свидетельствует о существенном нарушении у ряда лиц сосудистой реактивности. Установленные у пациентов с адекватными реакциями на ЗД и ГВ изменения кровотока в височной области, более выраженные на стороне АА, свидетельствуют о неблагоприятном влиянии развития аневризмы на состояние мозгового кровотока и сосудистую реактивность, что нашло отражение в динамике паттерна спекл-оптических показателей. Так, наиболее существенные нарушения в условиях ЗД проявились в снижении KP_s на стороне с АА, по данным мощности спектра, а также в формировании кратковременных нестабильных сосудистых реакций. Выявленные при гипервентиляционной пробе межполушарные различия спекл-оптических показателей также характеризуют нарушения ауторегуляции мозгового кровообращения с формированием на стороне с АА количественно менее выраженных и кратковременных сосудистых реакций.

Таким образом, для объективизации состояния кровотока и оценки сосудистой реактивности в различных функциональных условиях целесообразно анализировать амплитудно-частотные характеристики спектров флуктуации интенсивности динамического спекл-поля, образованного в результате рассеивания лазерного излучения кожными покровами височной области, косвенно характеризующие реактивность сосудов головного мозга в условиях гипер- и гипоксии.

Список литературы

1. Морфологические маркеры возникновения аневризм сосудов виллизиева круга / Н.А. Трушель [и др.] // Журн. функц. анатомии, спорт. морфологии, интегративной антропологии и медико-

- социальной реабилитации им. Б.А. Никитюка. 2017. № 1. С. 51–57.
- Intra-aneurysmal hemodynamics during the growth of an unruptured aneurysm: in vitro study using longitudinal CT angiogram database / S. Tateshima [et al.] // *Am. J. Neuroradiol.* 2007. Vol. 28. P. 622–627.
 - Sforza, D.M., Putman C.M., Cebral J.R. Hemodynamics of Cerebral Aneurysms // *Annu. Fluid Mech.* 2009. Vol. 41, № 1. P. 91–107.
 - Nixon A.M., Gunel M., Sumpio B.E. The critical role of hemodynamics in the development of cerebral vascular disease // *J. Neurosurg.* 2010. Vol. 112, № 6. P. 1240–1253.
 - Рыбакова В.Д., Василевская Л.А. Состояние сосудистой реактивности с оценкой вазодилаторного эффекта у пациентов с фокальной эпилепсией по данным спекл-оптического исследования // *Актуальные проблемы неврологии и нейрохирургии.* 2010. Вып. 13. С. 134–139.
 - Дик С.К. Лазерно-оптические методы и технические средства контроля функционального состояния биообъектов. Минск: БГУИР, 2014. 235 с.
 - Свистов Д.В., Семенютин В.Б. Регуляция мозгового кровообращения и методы ее оценки методом транскраниальной доплерографии // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2003. № 4. С. 20–27.

References

- Morfologicheskie markery vozniknoveniya anevrizm sosudov villizieva kruga / N.A. Trushel' [i dr.] // *Zhyrn. funkcion. anatomii, sport. morfologii, integrativnoj antropologii i mediko-social'noj reabilitacii im. B.A. Nikitjuka.* 2017. № 1. S. 51–57. (in Russ.)
- Intra-aneurysmal hemodynamics during the growth of an unruptured aneurysm: in vitro study using longitudinal CT angiogram database / S. Tateshima [et al.] // *Am. J. Neuroradiol.* 2007. Vol. 28. P. 622–627.
- Sforza, D.M., Putman C.M., Cebral J.R. Hemodynamics of Cerebral Aneurysms // *Annu. Fluid Mech.* 2009. Vol. 41, № 1. R. 91–107.
- Nixon A.M., Gunel M., Sumpio B.E. The critical role of hemodynamics in the development of cerebral vascular disease // *J. Neurosurg.* 2010. Vol. 112, № 6. R. 1240–1253.
- Rybakova V.D., Vasilevskaja L.A. Sostojanie sosudistoj reaktivnosti s ocenкой vazodilatatornogo jeffekta u pacientov s fokal'noj jepilepsiej po dannym spekl-opticheskogo issledovanija // *Aktual'nye problemy nevrologii i nejrohirurgii.* 2010. Vyp. 13. S. 134–139. (in Russ.)
- Dik S.K. Lazerno-opticheskie metody i tehicheskie sredstva kontrolja funkcional'nogo sostojanija bioob'ektov. Minsk: BGUIR, 2014. 235 s. (in Russ.)
- Svistov D.V., Semenjutin V.B. Reguljacija mozgovogo krovoobrashhenija i metody ee ocenki metodom transkranal'noj dopplerografii // *Regionarnoe krovoobrashhenie i mikroциркуляция.* 2003. № 4. S. 20–27. (in Russ.)

Сведения об авторах

Василевская Л.А., к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии».

Дик С.К., к.ф.-м.н., доцент, первый проректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Нечипуренко Н.И., д.м.н., профессор, заведующая лабораторией клинической патофизиологии нервной системы государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии».

Яшин К.Д., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Салими Задех М.М., аспирант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Vasilevskaya L.A., PhD, associate professor, Leading researcher of the State institution «Republican science and practice centre for neurology and neurosurgery».

Dik S.K., PhD, associate professor, first vice-rector of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Nechipurenko N.I., D.Sci, professor, head of the Laboratory of clinical pathophysiology of the State institution «Republican science and practice centre for neurology and neurosurgery».

Yashin K.D., PhD, associate professor, head of the department of engineering psychology and ergonomics of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Salimi Zadeh M.M., PG student of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220114, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Ф. Скорины, 24,
Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
неврологии и нейрохирургии»
тел. +375-29-184-88-41;
e-mail: luda_vass@mail.ru
Василевская Людмила Александровна

Address for correspondence

220114, Republic of Belarus
Minsk, F. Skoriny st., 24,
State institution
«Republican science and practice centre
for neurology and neurosurgery»
tel. +375-29-184-88-41;
e-mail: luda_vass@mail.ru
Vasilevskaya Ludmila Aleksandrovna