

Микадзе Ю.В.^{1,2}, Богданова М.Д.¹, Абузайд С.М.³, Шахнович А.Р.³, Лысенко Е.С.^{1,2}

¹Факультет психологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва, Россия; ²психолого-социальный факультет ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия; ³ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

¹119991, Москва, Ленинские горы, 1; ²117997, Москва, ул. Островитянова, 1; ³125047, Москва, 4-я Тверская-Ямская ул., 16

Функциональная специализация полушарий для речевых и зрительно-перцептивных процессов по показателям изменения скорости кровотока при односторонних поражениях головного мозга

Цель исследования – сравнительный анализ закономерностей функциональной специализации полушарий у больных с локальными опухолевыми поражениями головного мозга и здоровых участников.

Пациенты и методы. У 40 больных (20 мужчин и 20 женщин) с локальными опухолевыми односторонними поражениями головного мозга (астроцитомы, глиомы, метастазы) в возрасте 19–60 лет (средний возраст – 33±9,2 года) исследовали функциональную специализацию полушарий для речевых и зрительно-перцептивных функций при выполнении когнитивных заданий с применением метода функциональной транскраниальной ультразвуковой доплерографии. Полученные данные сравнивали с таковыми у 57 здоровых (средний возраст – 28±5,1 года). Все участники были праворукими.

Результаты. Выявлено более выраженное усиление скорости кровотока (СК) при выполнении вербальных когнитивных заданий в сосудах левого полушария (ЛП) и более выраженное усиление СК при выполнении невербальных когнитивных заданий в сосудах правого полушария (ПП). Наблюдались те же тенденции в соотношениях усиления СК между ЛП и ПП при выполнении когнитивных заданий, которые ранее были обнаружены у здоровых участников.

Ключевые слова: функциональная специализация; речевые функции; зрительно-перцептивные функции; доплерография; скорость кровотока; мозговые артерии; когнитивные нагрузки; вербальный стимульный материал; невербальный стимульный материал.

Контакты: Юрий Владимирович Микадзе; ymikadze@yandex.ru

Для ссылки: Микадзе ЮВ, Богданова МД, Абузайд СМ и др. Функциональная специализация полушарий для речевых и зрительно-перцептивных процессов по показателям изменения скорости кровотока при односторонних поражениях головного мозга. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2017;9(1):34–38.

Functional hemispheric specialization for verbal and visual perceptual processes in terms of blood flow velocity changes in unilateral brain lesions

Mikadze Yu.V.^{1,2}, Bogdanova M.D.¹, Abuzaid S.M.³, Shakhnovich A.R.³, Lysenko E.S.^{1,2}

¹Faculty of Psychology, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; ²Psychosocial Faculty, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia; ³Acad. N.N. Burdenko Research Institute of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

¹1, Leninskie Gory, Moscow 119997; ²1, Ostrovityanov St., Moscow 119977; ³16, Fourth Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047

Objective: to comparatively analyze the patterns of functional hemispheric specialization in patients with local brain tumor lesions and in healthy participants.

Patients and methods. 40 patients (20 men and 20 women) with local unilateral brain tumor lesions (astrocytomas, gliomas, metastases) aged 19–60 years (mean age, 33±9.2 years) were examined for functional hemispheric specialization for verbal and visual perceptual functions when performing cognitive tasks by functional transcranial Doppler ultrasonography. The findings were compared with those in 57 healthy individuals (mean age, 28±5.1 years). All the participants were right-handed.

Results. There was a more pronounced increase in blood flow velocity (BFV) while performing verbal cognitive tasks in the vessels of the left hemisphere (LH) and a more marked rise in that when fulfilling non-verbal cognitive tasks in the vessels of the right hemisphere (RH). The trends in the ratio of LH/RH BFV amplification when performing cognitive tasks were observed to be the same as previously observed in the healthy participants.

Keywords: functional specialization; speech functions; visual perceptual functions; Doppler ultrasound; blood flow velocity; cerebral arteries; cognitive loads; verbal stimulus material; non-verbal stimulus material.

Contact: Yuri Vladimirovich Mikadze; ymikadze@yandex.ru

For reference: Mikadze YuV, Bogdanova MD, Abuzaid SM, et al. Functional hemispheric specialization for verbal and visual perceptual processes in terms of blood flow velocity changes in unilateral brain lesions. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics.* 2017;9(1):34–38.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2017-1-34-38>

Нейрокогнитивный подход, интегрирующий усилия исследователей в области когнитивной психологии и нейробиологии, направлен на создание концептуальных моделей, выступающих отправной точкой для изучения структуры процессов познания человека. Правильность построения таких моделей проверяется в экспериментальных исследованиях поведения животных, человека, в ходе которых используются различные методы, специфичные для разных нейронаук. К ним, в частности, относятся нейровизуализационные и нейропсихологические методы. Они позволяют, с одной стороны, изучать характер изменений когнитивной сферы при повреждениях головного мозга разной локализации. С другой стороны, с помощью этих методов можно фиксировать активность разных областей мозга при выполнении тех или иных когнитивных заданий. Сочетанное использование методов нейропсихологии и нейровизуализации помогает более точно понять мозговые основы психологических процессов и их нарушений, вызванных повреждением мозга.

В последнее время активно развивается направление, в котором сочетание различных когнитивных заданий с методом функциональной транскраниальной ультразвуковой доплерографии (ФТКУЗДГ) используется для определения функциональной специализации полушарий. Результаты опубликованных исследований свидетельствуют о надежности полученных данных, что позволяет применять этот метод в клинической практике [1–6]. ФТКУЗДГ обладает такими положительными характеристиками, как неинвазивность, объективность показателей, безболезненность обследования. Однако этот метод имеет и определенные недостатки: низкое пространственное разрешение, ограничение пациентов в движениях во время процедуры [7, 2]. Анализ зарубежной литературы, посвященной этой проблеме, показал, что большинство исследований проведено у здоровых участников [8–10] и лишь отдельные исследования — у больных с разными формами патологии: дислексией [11], эпилепсией [12–13], шизофренией [14], депрессией [15], инсультом [16]. Не найдено работ, касавшихся изучения особенностей функциональной специализации полушарий у больных с локальной патологией головного мозга с помощью оценки показателей мозгового кровотока в условиях когнитивных нагрузок.

Цель исследования — сравнительный анализ закономерностей функциональной специализации полушарий у больных с локальными поражениями головного мозга опухолевого генеза и здоровых участников.

Для выяснения возможного влияния одностороннего поражения головного мозга на характеристики функциональной специализации с помощью метода ФТКУЗДГ проводилось измерение скорости кровотока (СК) при выполнении речевых и зрительно-перцептивных заданий (когнитивных нагрузок) и сопоставление полученных результатов с результатами обследования здоровых участников.

Пациенты и методы. Обследовано 40 больных (20 мужчин и 20 женщин) с локальными опухолевыми односторонними поражениями головного мозга (астроцитомы, глиомы, метастазы) в возрасте 19–60 лет (средний возраст — $33 \pm 9,2$ года). У 21 пациента выявлено поражение правого полушария (ПП): лобных отделов — у 8, височных — у 9, лобно-височных — у 1, лобно-теменных — у 2, теменных — у 1; у 19 пациентов имелось поражение левого полушария (ЛП): лобных отделов — у 8, височных — у 6, височно-островковых — у 2, лобно-островковых — у 1, лобно-височно-островковых —

у 1, теменных — у 1. Топический диагноз верифицировался по результатам магнитно-резонансной томографии и протоколам операций. Все пациенты были праворукими.

Участие в исследовании носило добровольный характер. Перед исследованием каждому больному проводили общее нейропсихологическое обследование по методу синдромного анализа А.Р. Лурия для оценки состояния высших психических функций (ВПФ). Все участники демонстрировали относительный уровень сохранности ВПФ, необходимый для выполнения когнитивных заданий.

В ранее опубликованных статьях [17, 18] были представлены результаты исследования 57 здоровых участников в возрасте от 18 до 58 (средний возраст — $28 \pm 5,1$ года), в котором было установлено влияние типа стимульного материала (вербальный/невербальный), используемого в когнитивных нагрузках, и процедуры предъявления (запоминание и узнавание/сравнение) стимульного материала на изменение СК в средней и в задней мозговых артериях (СМА и ЗМА) ЛП и ПП.

Обследование проводилось методом ФТКУЗДГ. СК измеряли с помощью шлема для интраоперационного мониторинга билатерально — сначала в СМА, потом в ЗМА, в покое и при выполнении когнитивной нагрузки. Относительный показатель усиления СК рассчитывали по формуле: $[(СК_k - СК_p) \div СК_p] \times 100\%$, где $СК_k$ — среднее значение СК при выполнении когнитивного задания, $СК_p$ — среднее значение СК в состоянии покоя. Стимулы в слуховой и зрительной модальностях предъявляли с интервалом в 2–3 с.

В когнитивных заданиях с процедурой запоминания и узнавания измерение СК проходило в течение всего времени выполнения когнитивного задания, так как ранее полученные данные указывают на сходное усиление СК при его измерении отдельно в процессах запоминания и узнавания [18].

Вербальное когнитивное задание представляло собой запоминание и узнавание конкретных существительных, предъявляемых в слуховой модальности. Необходимо было запомнить 8 слов (целевые стимулы) и узнать 4 целевых стимула среди 12 дистракторов. Слова уравнивались по количеству букв и показателю частотности употребления в русском языке. Отчет о выполнении производился после окончания измерения СК.

Невербальные когнитивные задания — сравнение фотографий лиц с положительными и отрицательными эмоциями. Необходимо было сравнить 2 эмоции, которые предъявлялись одновременно. В наборе было 10 пар стимулов. От участника требовалось поднять указательный палец правой руки, если эмоции одинаковые, и указательный палец левой руки, если эмоции разные.

Результаты. Степень выраженности функциональной специализации полушарий при выполнении вербальных и невербальных когнитивных заданий определялась по межполушарным различиям в усилении СК. Показатели усиления СК в СМА и ЗМА у здоровых и больных с односторонними поражениями головного мозга представлены в табл. 1 и на рис. 1 и 2.

Запоминание и узнавание вербального материала

Результаты в группах больных с односторонними поражениями ЛП и ПП указывают на максимальное усиление СК в ЗМА ЛП при выполнении задания на запоминание и узнавание конкретных существительных и схожи со значе-

Таблица 1. Средние значения усиления СК (в %) при выполнении когнитивных заданий по сравнению с состоянием покоя в СМА и ЗМА

Группа обследованных	Конкретные существительные				Фото/эмоции (+)				Фото/эмоции (-)			
	СМА		ЗМА		СМА		ЗМА		СМА		ЗМА	
	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП
Здоровые	17,5	8,87	22,36	13,05	9,11	18,63	13,29	28,73	9,23	19,01	13,93	28,3
Пациенты с поражением ПП	16	9,53	21,41	14,5	10,08	19,43	11,21	21,6	14,14	30,2	15,32	31,05
Пациенты с поражением ЛП	16,3	9,33	20,8	14,94	10,61	17,43	14,31	26,79	11,32	19,41	14,38	30,64

Примечание. Фото/эмоции (+) – фотографии лиц с положительными эмоциями; фото/эмоции (-) – фотографии лиц с отрицательными эмоциями (здесь и на рис. 2).

ниями, полученными в группе здоровых участников (см. табл. 1, рис. 1).

Достоверность межполушарных и внутриполушарных различий усиления СК при запоминании и узнавании конкретных существительных¹:

- между полушариями по показателям усиления СК в СМА и ЗМА у больных с правосторонней и левосторонней локализацией поражения ($p < 0,001$) с большим усилением СК в сосудах ЛП;

- внутри обоих полушарий (между СМА и ЗМА в пределах одного полушария) у больных с правосторонней локализацией поражения ($p < 0,03$);

- между достоверным усилением СК внутри ЛП ($p < 0,02$) и отсутствием такового внутри ПП у больных с левосторонней локализацией поражения ($p > 0,07$), что связано с большим усилением СК в ЗМА.

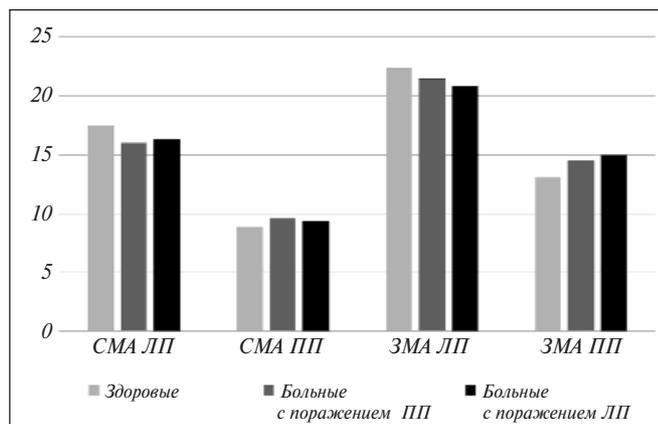


Рис. 1. Средние значения усиления СК (%) при выполнении вербальных когнитивных заданий по сравнению с состоянием покоя в СМА и ЗМА ЛП и ПП у здоровых ($n=20$), больных с поражением ПП ($n=21$) и ЛП ($n=19$)

Сравнение невербального материала

Результаты исследования, полученные в группах больных с односторонними поражениями ЛП и ПП, указывают на максимальное усиление СК в ЗМА ПП при выполнении задания на сравнение фотографий лиц с отрицательными эмоциями. Отмечена схожая с таковой в группе здоровых

тенденция усиления СК, однако у здоровых отмечена наибольшая активность в ЗМА ПП при сравнении фотографий лиц с положительными эмоциями (см. табл. 1, рис. 2).

Достоверность межполушарных и внутриполушарных различий усиления СК при сравнении фотографий лиц с положительными и отрицательными эмоциями:

- между полушариями по показателям усиления СК в СМА и ЗМА у больных с правосторонней и левосторонней локализацией поражения ($p < 0,001$) с большим усилением СК в сосудах ПП при выполнении двух вариантов невербальной нагрузки;

- внутри обоих полушарий (между СМА и ЗМА в пределах одного полушария) у больных с правосторонней и левосторонней локализацией поражения ($p < 0,02$) с большим усилением СК в ЗМА при выполнении двух вариантов невербальных заданий.

Обсуждение. Результаты обследования больных позволяют ответить на вопрос, сохраняются ли закономерности проявления функциональной специализации полушарий, обнаруженные с помощью доплерографии при использовании вербальных и невербальных нагрузок у здоровых участников, в случае проведения аналогичной процедуры у пациентов с органическими поражениями мозга. При положительном ответе на этот вопрос можно в отношении пациентов с опухолевыми поражениями головного мозга формулировать выводы, основанные на сопоставлении демонстрируемых ими показателей с результатами, полученными при обследовании здоровых участников. Такое сопоставление, например, позволяет использовать разработанную процедуру для определения доминантности по речи в предоперационный период. В то же время кардинальные изменения в этих показателях могут указывать на наличие и специфику возможных компенсаторных перестроек в работе полушарий мозга при органических поражениях мозга. Такое соотношение в показателях СК в ЛП и ПП наблюдалось у больных с локальными поражениями каждого из полушарий, когда усиление СК в ПП приобрело выраженный, но не превышающий характер по сравнению с аналогичными показателями у здоровых участников.

Результаты обследования больных с локальными опухолевыми односторонними поражениями мозга показали

¹Для выявления внутриполушарных (между СМА и ЗМА одного полушария) и межполушарных (между СМА и между ЗМА разных полушарий) различий в усилении СК при выполнении разных видов заданий использовали статистический критерий Вилкоксона.

сохранение основных межполушарных тенденций в изменении СК при использовании вербальных и невербальных нагрузок. Эти тенденции проявились в соотношении показателей СК как между полушариями, так и между сосудистыми системами в пределах полушарий.

Как и у здоровых участников, большая устойчивость в соотношении показателей, полученных по разным сосудистым системам ЛП и ПП, фиксировалась в отношении вербального стимульного материала по сравнению с невербальным. Это можно рассматривать как подтверждение возможности использования доплерографии для оценки доминантности полушарий по речи у этой категории больных.

Возможность распространения этого утверждения на больных с обширными поражениями мозга (черепно-мозговая травма, нарушения мозгового кровообращения и др.) требует дополнительных исследований.

Заключение. Выполнение разных вариантов вербальных и невербальных когнитивных заданий больными с опухолевыми локальными односторонними поражениями по сравнению со здоровыми сопровождается схожей тенденцией усиления СК в сосудах полушарий, что указывает на сохранение функциональной специализации полушарий независимо от локализации и латерализации мозгового поражения в случае локальной патологии мозга.

Выполнение вербального задания сопровождалось более выраженным стабильным усилением СК в сосудах полушарий с преобладанием активности в ЛП у больных с правосторонними и левосторонними поражениями. Полученный результат позволяет предположить возможность использования метода ФТКУЗДГ в сочетании с вер-

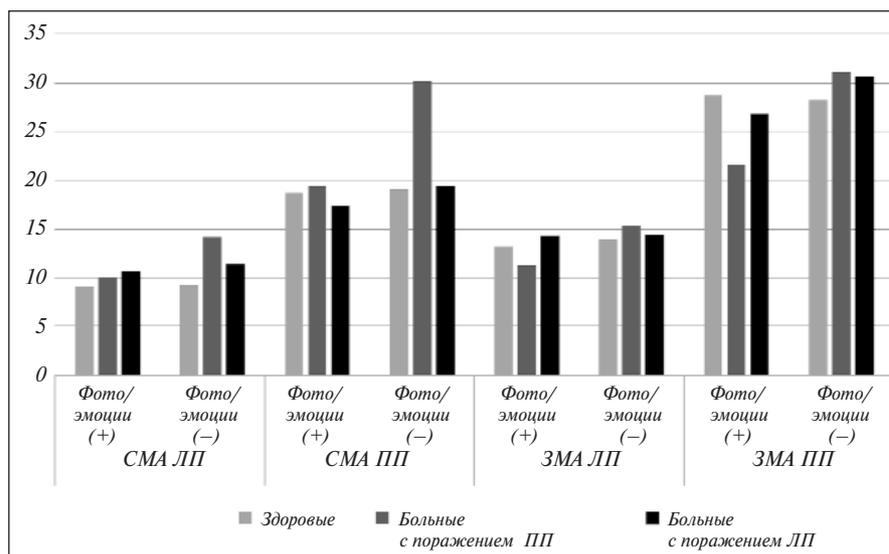


Рис. 2. Средние значения усиления СК (%) при выполнении невербальных когнитивных заданий по сравнению с состоянием покоя в СМА и ЗМА ЛП и ПП у здоровых ($n=20$), больных с поражением ПП ($n=21$) и ЛП ($n=19$)

бальными нагрузками для определения доминантности полушарий по речи в предоперационный период при очаговых поражениях мозга.

Выполнение невербальных заданий сопровождалось большим усилением СК в сосудах ПП, но в то же время следует отметить большее по сравнению с выполнением вербальных заданий проявление активности противоположного полушария. Максимально эффективной нагрузкой у больных с односторонними локальными поражениями явилось сравнение фотографий лиц с отрицательными эмоциями в отличие от результатов здоровых участников.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 15-06-10636 «Исследование функциональной специализации полушарий мозга нейробиологическими и ультразвуковыми методами в норме и патологии»).

ЛИТЕРАТУРА

- Knecht S, Deppe M, Ebner A, et al. Noninvasive determination of language lateralization by functional transcranial Doppler sonography: a comparison with the Wada test. *Stroke*. 1998 Jan;29(1):82-6.
- Knake S, Haag A, Hamer NM, et al. Language lateralization in patients with temporal lobe epilepsy: a comparison of functional transcranial Doppler sonography and the Wada test. *Neuroimage*. 2003 Jul;19(3):1228-32.
- Witt JA, Prömpler K, Maydych V, Helmstaedter C. Cross-validation of the Animation Description Paradigm applied to determine language dominance via functional transcranial Doppler sonography. *Epilepsy & Behavior*. 2010; Apr;17(4):611.
- Schmidt P, Krings T, Willmes K, et al. Determination of cognitive hemispheric lateralization by «functional» transcranial Doppler cross-validated by functional MRI. *Stroke*. 1999; May;30(5):939-45.
- Deppe M, Knecht S, Papke K, et al. Assessment of hemispheric language lateralization: a comparison between fMRI and fTCD. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2000 Feb;20(2):263-8.
- Szirmai I, Amrein I, Palvölyi L, et al. Correlation between blood flow velocity in the middle cerebral artery and EEG during cognitive effort. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2005 Jun;24(1):33-40.
- Duschek S, Schandry R. Functional transcranial Doppler sonography as a tool in psychophysiological research. *Psychophysiology*. 2003 May;40(3):436-54.
- Stroobant N, Buijs D, Vingerhoets G, et al. Variation in brain lateralization during various language tasks: A functional transcranial Doppler study. *Behav Brain Res*. 2009 May 16;199(2):190-6. doi: 10.1016/j.bbr.2008.11.040. Epub 2008 Dec 3.
- Vingerhoets G, Stroobant N. Lateralization of cerebral blood flow velocity changes during cognitive tasks. A simultaneous bilateral transcranial Doppler study. *Stroke*. 1999 Oct; 30(10):2152-8.
- Flöel A, Buyx A, Breitenstein C, et al. Hemispheric lateralization of spatial attention in right- and left-hemispheric language dominance. *Behav Brain Res*. 2005 Mar 30;158(2):269-75.
- Illingworth S, Bishop DV. Atypical cerebral lateralisation in adults with compensated developmental dyslexia demonstrated using functional transcranial Doppler ultrasound. *Brain Lang*. 2009 Oct;111(1):61-5. doi:10.1016/j.bandl.2009.05.002. Epub 2009 Jun 13.
- Strzelczyk A, Haag A, Raupach H. Prospective evaluation of a post-stroke epilepsy risk scale. *J Neurol*. 2010 Aug;257(8):1322-6. doi: 10.1007/s00415-010-5520-9. Epub 2010 Mar 23.

13. Janszky J, Jokeit H, Heinemann D. Epileptic activity influences the speech organization in medial temporal lobe epilepsy. *Brain*. 2003 Sep;126(Pt 9):2043-51. Epub 2003 Jun 23.
14. Schuepbach D, Boeker H, Duschek S, Hell D. Rapid cerebral hemodynamic modulation during mental planning and movement execution: evidence of time-locked relationship with complex behavior. *Clin Neurophysiol*. 2007 Oct;118(10):2254-62. Epub 2007 Sep 4.
15. Tiemeier H, Bakker SL, Hofman A, et al. Cerebral haemodynamics and depression in the elderly. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2002 Jul;73(1):34-9.
16. Silvestrini M, Troisi E, Matteis M. Involvement of the healthy hemisphere in recovery from aphasia and motor deficit in patients with cortical ischemic infarction: a transcranial Doppler study. *Neurology*. 1995 Oct;45(10):1815-20.
17. Лысенко ЕС. Влияние вида когнитивного задания на функциональную специализацию полушарий по данным изменений мозгового кровотока. Психологические исследования. 2016;9(47):7. [Lysenko ES. Influence of cognitive tasks on the functional specialization of the hemispheres according to the changes of cerebral bloodflow. *Psikhologicheskie issledovaniya*. 2016;9(47):7. (In Russ.)].
18. Микадзе ЮВ, Богданова МД, Лысенко ЕС и др. Оценка латерализации церебральной гемодинамики при выполнении вербальных мнестических заданий методом функциональной транскраниальной доплерографии. Экспериментальная психология. 2015;8(3):62-73. [Mikadze YuV, Bogdanova MD, Lysenko ES, et al. Assessment of the lateralization of cerebral hemodynamics when performing verbal memory tasks by the method of functional transcranial Doppler ultrasonography. *Ekspperimental'naya psikhologiya*. 2015;8(3):62-73. (In Russ.)].

Поступила 26.12.2016

Декларация о финансовых и других взаимоотношениях

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.