



ОЦЕНКА ЛАТЕРАЛИЗАЦИИ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЕРБАЛЬНЫХ МНЕСТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ МЕТОДОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ДОПЛЕРОГРАФИИ

МИКАДЗЕ Ю.В.*, доктор психологических наук, профессор кафедры нейро- и патопсихологии факультета психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова; ГБОУ ВПО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия, e-mail: ymikadze@yandex.ru

БОГДАНОВА М.Д.**, медицинский психолог, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр патологии речи и нейрореабилитации» (ГБУЗ ЦПРиН ДЗМ), Москва, Россия, e-mail: marya.bogdanova@gmail.com

ЛЫСЕНКО Е.С.***, аспирант кафедры нейро- и патопсихологии факультета психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: lysenkoe2007@yandex.ru

ШАХНОВИЧ А.Р.****, профессор, доктор медицинских наук, руководитель группы клинической патологии мозгового кровообращения, НИИ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко, Москва, Россия, e-mail: ashaknovich@nsi.ru

АБУЗАЙД С.М.*****, Врач-нейрохирург, кандидат медицинских наук, ООО «Клиника Атолл», Москва, Россия, e-mail: sabuzaid@mail.ru

Для цитаты:

Микадзе Ю.В., Богданова М.Д., Лысенко Е.С., Шахнович А.Р., Абузайд С.М. Оценка латерализации церебральной гемодинамики при выполнении вербальных мнестических заданий методом функциональной транскраниальной доплерографии // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 3. С. 62–73. doi:10.17759/exppsy.2015080306

* Микадзе Ю.В. Доктор психологических наук, профессор кафедры нейро- и патопсихологии факультета психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова; ГБОУ ВПО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия. E-mail: ymikadze@yandex.ru

** Богданова М.Д. Медицинский психолог, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр патологии речи и нейрореабилитации» (ГБУЗ ЦПРиН ДЗМ), Москва, Россия. E-mail: marya.bogdanova@gmail.com

*** Лысенко Е.С. Аспирант кафедры нейро- и патопсихологии факультета психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. E-mail: lysenkoe2007@yandex.ru

**** Шахнович А.Р. Профессор, доктор медицинских наук, руководитель группы клинической патологии мозгового кровообращения, НИИ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко, Москва, Россия. E-mail: ashaknovich@nsi.ru

***** Абузайд С.М. Врач-нейрохирург, кандидат медицинских наук, ООО «Клиника Атолл», Москва, Россия. E-mail: sabuzaid@mail.ru



Представлены предварительные результаты исследования межполушарной асимметрии церебральной гемодинамики при выполнении заданий на слухоречевую и зрительную память методом функциональной транскраниальной ультразвуковой доплерографии (ФТКУЗДГ). Использование ФТКУЗДГ рассматривается в рамках разработки неинвазивного и объективного нейрокognитивного метода оценки доминантности полушарий по вербальным функциям. В двух экспериментах, направленных на анализ влияния: а) разных видов вербального и невербального материала и б) условий выполнения мнестической деятельности (запоминание, узнавание) на изменение скорости кровотока в левом и правом полушариях, – приняло участие 62 здоровых испытуемых. Получены предварительные данные о возможности использования для определения доминантности по речи определенных видов когнитивной вербальной нагрузки и условий ее предъявления.

Ключевые слова: функциональная асимметрия, доминантность полушарий, доплерография, скорость кровотока, мозговые артерии, когнитивные нагрузки, вербальный стимульный материал.

Введение

Проблема межполушарной асимметрии мозга широко обсуждается в нейроанатомии, нейрофизиологии, нейропсихологии и других нейронауках. Особое значение в решении проблемы функциональной неравнозначности двух полушарий приобретает нейрокognитивный подход, в котором реализуются представления о связи активности разных отделов мозга, нейронных сетей с выполнением тех или иных когнитивных операций. (Солсо, 2006; Bracco et al., 2011; Bulla-Hellwig et al., 1996; Dorst et al., 2008; Duschek, Schandry, 2003; Hartje et al., 2000; Knecht S., 1994; Knake et al., 2003; Markus, Boland, 1992; Pelletier et al., 2007; Rihs et al., 1995; Silvestrini et al., 1994; Stroobant et al., 2000; 2009; Szaflarski, 2002; Tieks et al., 1998; Vingerhoets, Stroobant, 1999; Washburn et al., 2012; Whitehouse et al., 2009).

Нейрофизиологические методы исследования работы мозга, такие как электроэнцефалография (ЭЭГ), потенциалы, связанные с событием (ПСС), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), диффузионная тензорная визуализация (ДТВ), транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС), транскраниальная ультразвуковая доплерография (ФТКУЗДГ) позволили значительно расширить представления о физиологической основе психических процессов, установить корреляции между паттернами активности мозговых зон и определенными когнитивными навыками. С другой стороны, в нейропсихологических исследованиях накоплен богатый материал о структуре психических функций, получаемый на основе анализа их нарушений при разных по локализации поражениях мозга.

Каждый из этих методов имеет определенные ограничения и недостатки, которые следует учитывать в исследованиях, и для установления сущности обнаруживаемых взаимосвязей между работой мозга и поведением необходимо сопоставлять данные разных исследований, реализующих нейрокognитивный подход, в частности, нейровизуализационных и нейропсихологических (Washburn et al., 2012).

В последние десятилетия значительно увеличилось количество работ, в которых для определения функциональной асимметрии полушарий методом ФТКУЗДГ используются разные виды заданий (когнитивных нагрузок), в ходе выполнения которых измеряется изменение скорости кровотока в разных сосудистых системах левого и правого полушарий. Так, по данным Washburn D.A. et al., (Washburn et al., 2012), количество ссылок на соответствующие статьи выросло с 1980 по 2011 г. с 15 до 274.

Привлекательность этого метода связана со сравнительно недорогим, неинвазивным и безболезненным способом непрерывного измерения изменений в скорости кровотока в режиме текущего времени, которые рассматриваются как следствие нейронной активности и могут



служить мерой когнитивной обработки. Отсутствие ряда ограничений в процедуре проведения транскраниальной доплерографии, имеющих место при использовании других методов, делают ее удобной в использовании, что играет важную роль при ее применении в клинических условиях (Duschek et al., 2003; Knake et al., 2003; Pelletier et al., 2007; Washburn et al., 2012).

К недостаткам ФТКУЗДГ относится низкое пространственное разрешение, которое ограничивает круг задач, решаемых с его использованием. В то же время отмечается, что метод ФТКУЗДГ может оказаться полезным и иметь определенные преимущества в исследованиях, связанных с изучением роли левого и правого полушарий в обеспечении разных психических функций; с выявлением индивидуальных и групповых различий при выполнении когнитивных заданий (женщины/мужчины, дети/взрослые, люди позднего возраста/молодые, клинические/контрольные группы и т. д.); с определением наличия ментальных усилий при отсутствии внешних поведенческих проявлений (Washburn et al., 2012).

Известна ведущая роль структур левого полушария в переработке вербального материала для большей части популяции (Лурия, 2000; Цветкова, 2001). В то же время наличие вариативности в доминировании полушарий мозга по речи ставит вопрос о создании надежных и достаточно простых методов для определения доминантного полушария. Одним из возможных путей решения этого вопроса может стать разработка процедуры, при которой данные ФТКУЗДГ об изменении скорости кровотока в левом и правом полушариях сопоставляются с результатами нейропсихологических исследований, получаемых, например, с помощью методики дихотического прослушивания или методик, связанных с использованием разных видов вербальных когнитивных заданий (Bulla-Hellwig et al., 1996; Duschek, Schandry, 2003; Hartje et al., 1994; Knake et al., 2003; Knecht et al., 2000; Lohmann et al., 2005; Pelletier et al., 2007; Stroobant et al., 2000, 2009). В такой процедуре могут сочетаться объективность показателей измерения (как, например, в широко используемой в клинике пробе Вада) и наличие определенного типа когнитивных нагрузок (как, например, в пробе на дихотическое прослушивание).

В зарубежных исследованиях доминантности полушарий по речи с помощью ФТКУЗДГ использовались задания, включающие разные варианты вербальных стимулов и процедур. Когнитивные нагрузки в виде чтения вслух, чтения про себя, заданий на словесные ассоциации, генерирование слов, построение предложений, категоризацию слов, вербальное описание окружающих предметов приводили к большему увеличению скорости кровотока в сосудах левого полушария по сравнению с правым. Противоположные результаты, указывающие на преобладание увеличения скорости кровотока в правом полушарии, были получены при выполнении невербальных, например, зрительно-пространственных заданий, восприятия лиц, цвета, музыки и др. (Markus et al., 1992; Njemanze et al., 1992; Tiecks et al., 1998; Hartje et al., 1994; Silvestrini et al., 1994; Rihs et al., 1995; Bulla-Hellwig et al., 1996; Vingerhoets et al., 1999; Njemanze, 2007; Dorst et al., 2008; Stroobant et al., 2009; Whitehouse et al., 2009; Bracco et al., 2011; Boban et al., 2014).

Сопоставительные исследования показали наличие корреляции между результатами, полученными с помощью транскраниальной доплерографии и с помощью других методов определения доминантности полушарий, таких как Wada-тест, фМРТ, а также устойчивость получаемых результатов во времени (Knake et al., 2003; Lohmann et al., 2005; Szaflarski et al., 2002; Whitehouse et al., 2009).

Диагностика функциональной специализации и доминантности полушарий по вербальным функциям представляет не только теоретический, но и выраженный практиче-



ский интерес. В значительной степени она востребована в нейрохирургической практике и это формирует запрос на разработку неинвазивного и объективного метода оценки межполушарной организации мозга. Изучение возможностей ФТКУЗДГ для проведения такой диагностики стало одной из задач данной работы.

Исследование проводилось *с целью* выявления функциональной асимметрии полушарий при выполнении разных видов заданий вербального и невербального типа на основе анализа изменения скорости кровотока в средних и задних мозговых артериях (СМА и ЗМА) левого и правого полушарий головного мозга. Предполагалось, что вербальные стимулы и когнитивные операции, при которых наблюдается максимально высокое изменение скорости кровотока в левом полушарии, могут рассматриваться как оптимальные для определения доминантности полушария по речи. В качестве дополнительного факта в пользу этого предположения можно рассматривать данные о том, что большая активация каждого из полушарий при переработке вербальных и невербальных стимулов носит противоположный характер.

Для измерения изменений скорости кровотока использовалась процедура исследования слухоречевой памяти и зрительной памяти (запоминание и узнавание разных вариантов предъявляемых на слух или зрительно стимулов). Выбор мнестической деятельности в качестве процедуры исследования определялся ее высокой чувствительностью к изменениям в работе мозга, а также наличием данных о ведущей роли левого полушария в узнавании вербального материала (Лурия, 1974; 2000; Корсакова, Московичюте, 2003; Микадзе, Андреева, 2013; Симерницкая, 1978).

Гипотезами исследования выступили следующие предположения.

1. Использование в качестве вербальной когнитивной нагрузки запоминания и узнавания лексических единиц разных видов (с разной степенью грамматической и предметной отнесенности – конкретных, абстрактных слов и слов-глаголов) будет приводить к неодинаковому (внутриполушарному и межполушарному) увеличению скорости кровотока в средних мозговых артериях (СМА) и задних мозговых артериях (ЗМА).

2. Выполнение разных видов когнитивных операций со стимульным материалом (запоминание, узнавание) в ходе мнестической деятельности будет приводить к неодинаковому (внутриполушарному и межполушарному) изменению скорости кровотока в СМА и ЗМА.

3. Максимальное увеличение скорости кровотока в левом и правом полушариях будет проявляться для вербальных и невербальных (зрительных) стимулов противоположным образом.

Для решения поставленных задач было проведено исследование, состоящее из двух экспериментов, предварительные результаты которого представлены в предлагаемой статье.

Метод, методики и процедура исследования

1. Обследование методом транскраниальной доплерографии проводилось при помощи аппарата «Ангиодин» фирмы «БИОСС» в лаборатории патологии мозгового кровообращения НИИ НХ имени Н.Н. Бурденко (зав. лабораторией – доктор медицинских наук профессор А.Р. Шахнович). Экспериментатор закрепляет на голове испытуемого шлем для интраоперационного мониторинга. На датчик (ультразвуковой зонд) наносится звукопроводящий гель, который обеспечивает плотное соприкосновение рабочей поверхности датчика с кожей. Скорость кровотока (СК) измеряется последовательно в каждой из двух исследуемых артерий – сначала в СМА и затем в ЗМА. Следует отметить, что в большинстве случаев в литературе приводятся данные по влиянию когнитивной нагрузки на изменение



скорости кровотока в средней мозговой артерии, что связывается с большими площадями, на которых происходит перфузия этой артерии в каждом полушарии.

Процедура замеров в каждой артерии проводилась следующим образом. Сначала скорость кровотока замерялась в СМА справа и слева одновременно в состоянии покоя (данные фиксировались в см/сек) – фоновое значение. После этого испытуемому предъявлялся набор стимулов, входящих в задание с интервалом 1 стимул в 1 секунду в слуховой модальности или 1 стимул в 5 секунд в зрительной модальности. Во время выполнения задания фиксировались данные о скорости кровотока – значение под действием когнитивной нагрузки. Далее, после выполнения задания и перед переходом к следующей фазе выполнения эксперимента, следовал перерыв длительностью 1 минута, которого было достаточно для возвращения скорости кровотока в состояние покоя. Измерение скорости кровотока в ЗМА осуществлялось по тому же алгоритму. Все данные заносились в протокол исследования.

В первом эксперименте проводилась проверка гипотез 1 и 3. Для этого использовался подбор разных видов стимульного материала. Вербальный стимульный материал включал запоминание и узнавание абстрактных слов, конкретных слов, глаголов; невербальный – запоминание и узнавание фотографий лиц, трудновербализуемых рисунков, матриц. Измерение скорости кровотока проводилось в целом по двум этапам мнестической деятельности, т. е. на основе усреднения показателей скорости кровотока на этапе запоминания и узнавания. По результатам этого эксперимента максимальное усиление СК при выполнении вербальных заданий отмечалось в СМА и ЗМА левого полушария при запоминании и узнавании конкретных слов. Этот вариант стимульного материала был отобран как основной для дальнейшего проведения исследования.

Во втором эксперименте проводилась проверка гипотезы 2, т. е. акцентировалось внимание на видах когнитивных операций, которые используются при оперировании с вербальным стимульным материалом на разных этапах мнестической деятельности – запоминания и узнавания. Для этого измерение скорости кровотока проводилось отдельно на этапе запоминания и на этапе узнавания.

2. При проведении экспериментов использовались методики исследования слухоречевой и зрительной памяти:

- запоминание и узнавание слов: конкретных, абстрактных слов и глаголов, предъявляемых в слуховой модальности. Для запоминания предлагалось 8 слов (целевые), а в процедуре узнавания использовались 8 слов-дистракторов, среди которых находилось от 3 до 5 целевых слов. Все слова были уравнены по средним показателям количества букв, а также по частотности (чередовались низкочастотные с высокочастотными). Узнавание слов фиксировалось в отчете испытуемого после завершения выполнения задания.

- запоминание и узнавание невербальных стимулов: фотографий лиц, трудновербализуемых рисунков и матриц, предъявляемых в зрительной модальности. В задании для запоминания было одно изображение (целевое), 10 дистракторов, среди которых мог быть или не быть целевой стимул.

3. Методика дихотического прослушивания (предъявлялось по 16 проб, каждая из которых содержала по 4 пары вербальных стимулов) использовалась в эксперименте для подтверждения доминантности левого полушария по речи у испытуемых в ходе их отбора для участия в экспериментах.

Испытуемые. Исследование проводилось с участием 62 здоровых испытуемых (табл. 1 и табл. 2).



Таблица 1

Средние демографические показатели испытуемых (эксперимент 1)

Параметры оценки	Запоминание и узнавание вербального материала	Запоминание и узнавание невербального материала
1. Выборка	14	28
2. Пол (мужчины /женщины)	3/11	10/18
3. Средний возраст	21	23
4. Возрастные границы	18–25	18–58
5. Уровень образования	Неполное высшее, высшее	Неполное высшее, высшее

Таблица 2

Средние демографические показатели испытуемых (эксперимент 2)

Параметры оценки	Здоровые испытуемые
1. Выборка	20
3. Пол (мужчины /женщины)	6/14
4. Средний возраст	23
5. Возрастные границы	19–34
6. Уровень образования	Незаконченное высшее, высшее

Результаты и их интерпретация

Межполушарные различия усиления скорости кровотока при выполнении вербальных и невербальных когнитивных заданий.

Задача первого эксперимента была связана с подбором того варианта вербальных стимулов, включение которого в мнестическую деятельность в наибольшей степени сопровождается активацией левого полушария. Другая задача касалась подтверждения того факта, что большая активация левого полушария специфична по отношению к вербальным стимулам, а для невербальных стимулов специфичной является большая активация правого полушария.

При выполнении вербальных когнитивных заданий достоверные межполушарные различия¹, связанные с большим усилением скорости кровотока в левом полушарии были получены в СМА и ЗМА при выполнении задания на запоминание и узнавание абстрактных, конкретных слов и глаголов ($p < 0,01$). Максимальное среднее значение изменения СК наблюдалось при запоминании и узнавании конкретных слов как в ЗМА, так и в СМА левого полушария (табл. 3).

¹Для выявления внутриполушарных (между СМА и ЗМА одного полушария) и межполушарных (между СМА и ЗМА разных полушарий) различий в усилении скорости кровотока использовался критерий Вилкоксона.



Таблица 3

Эксперимент 1. Средние значения усиления скорости кровотока при выполнении вербальных когнитивных заданий по сравнению с состоянием покоя (N=14)

	Абстрактные слова				Конкретные слова				Глаголы			
	СМА		ЗМА		СМА		ЗМА		СМА		ЗМА	
	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП
Скорость кровотока	15,84	8,16	20,29	12,66	16,25	7,71	21,14	12,71	14,39	7,18	20,86	12

Условные обозначения: СМА – средняя мозговая артерия; ЗМА – задняя мозговая артерия; ЛП – левое полушарие; ПП – правое полушарие.

При выполнении невербальных когнитивных заданий достоверные межполушарные различия с большим усилением скорости кровотока в правом полушарии были получены в СМА и ЗМА при выполнении задания на запоминание и узнавание фотографий лиц, трудновербализуемых рисунков и матриц ($p < 0,01$). Инвертированная доминантность усиления СК при выполнении невербальных заданий по сравнению с вербальными указывает на специфичность усиления СК по отношению к стимульному материалу (табл. 4).

Таблица 4

Эксперимент 2. Средние значения усиления скорости кровотока при выполнении невербальных когнитивных заданий по сравнению с состоянием покоя (N=28)

	Фотографии лиц				Трудновербализуемые рисунки				Трудновербализуемые матрицы			
	СМА		ЗМА		СМА		ЗМА		СМА		ЗМА	
	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП	ЛП	ПП
Скорость кровотока	10,36	14	18,18	27,68	10	13,21	17,93	29,07	10,29	13,14	17,32	26,14

Условные обозначения: СМА – средняя мозговая артерия; ЗМА – задняя мозговая артерия; ЛП – левое полушарие; ПП – правое полушарие.

Межполушарные различия усиления скорости кровотока при выполнении вербальных когнитивных заданий.

Для эксперимента 2 были использованы в качестве стимульного материала конкретные слова, поскольку запоминание и узнавание этого варианта вербального материала сопровождалось максимальными изменениями СК в ЗМА и СМА левого полушария в эксперименте 1. Задачей эксперимента было исследование зависимости изменения СК от типа когнитивных процедур, входящих в мнестическую деятельность: запоминания и узнавания.

При выполнении вербальной мнестической деятельности достоверные межполушарные различия с большим усилением скорости кровотока в левом полушарии были получены в СМА и ЗМА как на этапе запоминания, так и на этапе узнавания ($p < 0,01$). Максимальное изменение СК наблюдалось на этапах слухоречевого запоминания и узнавания в ЗМА левого полушария. Средние значения изменения скорости кровотока в артериях каждого из полушарий были более высокими на этапе запоминания по сравнению с этапом узнавания (табл. 5).



Таблица 5

Средние значения усиления скорости кровотока при выполнении вербальных когнитивных заданий на запоминание и узнавание по сравнению с состоянием покоя (N=20)

Вид мнестических заданий	СМА		ЗМА	
	ЛП	ПП	ЛП	ПП
Слухоречевое запоминание	15	9	22	15
Слухоречевое узнавание	11	7	17	11

Выводы

1. Выполнение когнитивных заданий вербального и невербального типов сопровождается изменением скорости кровотока одновременно в сосудах как левого, так и правого полушарий мозга, что свидетельствует о совместной работе двух гемисфер в обеспечении психических функций.

2. Максимальные изменения скорости кровотока в сосудах правого полушария при выполнении невербальных заданий, а левого полушария при выполнении вербальных заданий свидетельствуют о специфичном характере влияния вида стимульного материала при выполнении мнестической деятельности на проявление функциональной асимметрии полушарий

3. Достоверные межполушарные различия, при максимальном усилении скорости кровотока в левом полушарии, получены при выполнении всех видов использованных в исследовании вербальных когнитивных заданий на этапах как запоминания, так и узнавания стимульного материала. Максимальные изменения скорости кровотока в левом полушарии выявляются при запоминании и узнавании конкретных слов.

4. Наличие избирательности в максимальном увеличении скорости кровотока в левом полушарии для разных видов вербального стимульного материала и для разных мнестических операций может свидетельствовать о перспективности разработки процедуры запоминания определенного типа вербального материала в сочетании с методом транскраниальной доплерографии для диагностики доминантного полушария по речи.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 15-06-10636 «Исследование функциональной специализации полушарий мозга нейropsихологическими и ультразвуковыми методами в норме и патологии»).

Литература

1. Корсакова, Н.К., Московичюте Л.И. Клиническая нейropsихология: учеб. пособие для студ. вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 144 с.
2. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. М.: Изд-во МГУ, 2000. 504 с.
3. Лурия А.Р. Нейropsихология памяти. Нарушения памяти при локальных поражениях мозга. Т. 1. М.: Педагогика, 1974. 312 с.
4. Микадзе Ю.В., Андреева Е.В. Влияние латерализации мозгового поражения на состояние межфункциональных и межсистемных взаимодействий [Электронный ресурс] // Психологические исследования (электронный журнал). Т. 6. № 28. С. 12
5. Симерницкая Э.Г. Доминантность полушарий. М.: Изд-во МГУ, 1978. 47 с.
6. Солсо Р.Л. Когнитивная психология. 6-е изд. СПб.: Питер, 2006. 600 с.
7. Хомская Е.Д. Нейropsихология. СПб.: Питер, 2007. 496 с.



8. *Цветкова Л.С.* Нейропсихология и афазия: новый подход. М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2001. 592 с.
9. *Boban M., Črnac P., Junaković A., Malojčić B.* Hemodynamic monitoring of middle cerebral arteries during cognitive tasks performance // *Psychiatry and Clinical Neurosciences*. 2014. № 68. P. 795–803.
10. *Bracco L.* Cerebral hemodynamic lateralization during memory tasks as assessed by functional transcranial Doppler (fTCD) sonography: Effects of gender and healthy aging // *Cortex*. 2011. № 47. P. 750–758.
11. *Bulla-Hellwig M., Vollmer J., Gotzen A., Skreczek W. & Hartje W.* Hemispheric asymmetry of arterial blood flow velocity changes during verbal and visuospatial tasks // *Neuropsychologia*. 1996. № 34. 987–991.
12. *Dorst J., Haag A., Knake S., Oertel W., Hamer H., Rosenow F.* Functional transcranial Doppler sonography and spatial orientation paradigm identify the non-dominant hemisphere // *Brain and Cognition*. 2008. № 68, P. 53–58.
13. *Duscheck S., Schandry R.* Functional transcranial Doppler sonography as a tool in psychophysiological research // *Psychophysiology*. 2003. № 40. P. 436–454.
14. *Hartje W., Ringelstein E.B., Kistingner B., Fabianek D., & Willmes K.* Transcranial Doppler ultrasonic assessment of middle cerebral artery blood flow velocity changes during verbal and visuospatial cognitive tasks // *Neuropsychologia*. 1994. № 32. P. 1443–1452.
15. *Knake S., Haag A., Hamer H.M., Dittmer C., Bien S., Oertel W.H.F.* Rosenow Language lateralization in patients with temporal lobe epilepsy: a comparison of functional transcranial Doppler sonography and the Wada test // *Neuroimage*. 2003. № 19. P. 1228–1232.
16. *Knecht S., Drager B., Deppe M, et al.* Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans // *Brain*. 2000. № 123. P. 2512–2518.
17. *Lohmann H., Drager B., Muller-Ehrenberg S., Deppe M. & Knecht S.* Language lateralization in young children assessed by functional transcranial Doppler sonography // *Neuroimage*. 2005. № 24. P. 780–790.
18. *Markus H.S., Boland M.* “Cognitive activity” monitored by non-invasive measurement of cerebral blood flow velocity and its application to the investigation of cerebral dominance // *Cortex*. 1992. № 28. P. 575–581.
19. *Njemanze P.C., Gomez, C.R., Horenstein S.* Cerebral lateralisation and color perception: A transcranial Doppler study // *Cortex*. 1992. № 28. P. 69–75.
20. *Njemanze P.C.* Cerebral lateralisation for facial processing: Gender-related cognitive styles determined using Fourier analysis of mean cerebral blood flow velocity in the middle cerebral arteries // *Laterality*. 2007. № 12 (1). P. 31–49.
21. *Pelletier I., Sauerwein H., Lepore F., Saint-Amour D., Lassonde M.* Non-invasive alternatives to the Wada test in the presurgical evaluation of language and memory functions in epilepsy patients // *Epileptic Disorders*. 2007. Vol. 9. № 2. P. 111–126.
22. *Rihs F., Gutbrod K., Gutbrod B., Steiger H.J., Sturzenegger M., & Mattle H.P.* Determination of cognitive hemispheric dominance by “stereo” transcranial Doppler sonography // *Stroke*. 1995. № 26. P. 70–73.
23. *Silvestrini M., Cupini L.M., Matteis M., Troisi E. & Caltagirone C.* Bilateral simultaneous assessment of cerebral flow velocity during mental activity // *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 1994. № 14. P. 643–648.
24. *Strooban, N.; Vingerhoets G.* Transcranial Doppler ultrasonography monitoring of cerebral hemodynamics during performance of cognitive tasks: A review // *Neuropsychology review*. 2000. № 10 (4). P. 213–231.
25. *Stroobant N., Buijs D., Vingerhoets G.* Variation in brain lateralization during various language tasks: a functional transcranial Doppler study // *Behavioural brain research*. 2009. № 199. P. 190–196.
26. *Szaflarski J.P., Binder J.R., Possing E.T., McKiernan K.A., Ward B.D., Hammeke T.A.* Language lateralization in left-handed and ambidextrous people fMRI data // *Neurology*. 2002. № 59. P. 238–244.
27. *Tiecks F.P., Haberl R.L., Newell D.W.* Temporal patterns of evoked cerebral blood flow during reading // *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 1998. № 18. P. 735–741.
28. *Vingerhoets G., Stroobant N.* Lateralization of cerebral blood flow velocity changes during cognitive tasks. A simultaneous bilateral transcranial Doppler study // *Stroke*. 1999. № 30. P. 2152–2158.
29. *Washburn D.A., Schultz N.B., Phillips H.A.* Transcranial Doppler Sonography in Studies of Mental Effort // *Sonography*. Edited by Dr. K.Thoirs. 2012. P. 227–248.
30. *Whitehouse A., Badcock N., Groen M., Bishop D.V.M.* Reliability of a novel paradigm for determining hemispheric lateralization of visuospatial function // *J. Int Neuropsychol Soc*. 2009. November. № 15 (6). P. 1028–1032.



ASSESSMENT OF HEMODYNAMIC CEREBRAL LATERALIZATION DURING THE PERFORMANCE OF VERBAL MNESTIC TASKS WITH THE USE OF FUNCTIONAL TRANSCRANIAL DOPPLER ULTRASOUND

MIKADZE Yu. V.*, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University; Pirogov Russian National Research Medical University, Russian Ministry of Health, Moscow, Russia,
e-mail: ymikadze@yandex.ru

BOGDANOVA M.D.**, State Budget Institution of Health «Center of Speech Pathology and Neurological Rehabilitation» (GBUZ TsPRiN), Moscow, Russia,
e-mail: marya.bogdanova@gmail.com

LYSENKO E.S.***, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
e-mail: lysenkoe2007@yandex.ru

SHAKHNOVICH A.R.****, Burdenko Neurosurgery Institute, Moscow, Russia,
e-mail: ashaknovich@nsi.ru

ABUZAIID S.M.*****, LLC «Clinic Atoll», Moscow, Russia,
e-mail: sabuzaid@mail.ru

There are the preliminary results of the research of interhemispheric asymmetry of cerebral hemodynamics during the performance of auditory-verbal and visual memory tasks with the use of functional transcranial doppler ultrasound (fTCD). The fTCD is considered as a non-invasive and objective method for assessment the dominant hemisphere for verbal functions. The aim of two experiments was to analyze the effect of a) different types of verbal and nonverbal tasks and b) the conditions of the mnemonic activity performance (memorize and recognize) on the changes of blood flow velocity in left and right hemispheres in 62 healthy subjects. There are preliminary results of possible application fTCD to identify the dominant hemisphere for speech functions with combination of concrete verbal cognitive tasks and condition of its presentation.

Keywords: functional asymmetry of the dominant hemisphere, Doppler, blood flow, cerebral arteries, cognitive load, the verbal stimulus material.

For citation:

Mikadze Yu.V., Bogdanova M.D., Lysenko E.S., Shakhnovich A.R., Abuzaid S.M. Assessment of hemodynamic cerebral lateralization during the performance of verbal mnemonic tasks with the use of functional transcranial doppler ultrasound. *Ekspierimental'naya Psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2015, vol. 8, no. 3, pp. 62–73 (In Russ., abstr. in Engl.). doi:10.17759/exppsy.2015080306

*Mikadze Yu. V. D.Sc., Professor, Chair of neuropsychology and abnormal psychology, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University; Pirogov Russian National Research Medical University, Russian Ministry of Health. Moscow, Russia. E-mail: ymikadze@yandex.ru

**Bogdanova M.D. Clinical psychologist, State Budget Institution of Health «Center of Speech Pathology and Neurological Rehabilitation» (GBUZ TsPRiN). Moscow, Russia. E-mail: marya.bogdanova@gmail.com

*** Lysenko E.S. PhD Student, Chair of neuropsychology and abnormal psychology, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University. Moscow, Russia. E-mail: lysenkoe2007@yandex.ru

**** Shakhnovich A.R. Professor, MD, Head of Clinical Pathology of cerebral circulation, Burdenko Neurosurgery Institute. Moscow, Russia. E-mail: ashaknovich@nsi.ru

***** Abuzaid S.M. Neurosurgeon, MD, LLC «Atoll Clinic». Moscow, Russia. E-mail: sabuzaid@mail.ru



References

1. Korsakova N.K., Moskovichiute L.I. *Klinicheskaja neiropsikhologija: ucheb. posobie dlja stud. vuzov* [Clinical neuropsychology: Handbook for students]. Moscow: publishing center "Academy", 2003. 144 pp.
2. Luria A.R. *Vysshie korkovye funktsii cheloveka i ikh narusheniia pri lokal'nykh porazheniakh mozga* [Higher cortical functions of man and their disturbances in local brain lesions]. Moscow: MGU, 2000. 504 pp.
3. Luria A.R. *Neiropsikhologija pamiaty. Narusheniia pamiaty pri lokal'nykh porazheniakh mozga* [Neuropsychology of memory. Memory disorders with local brain lesions]. Vol. 1. Moscow: Education, 1974. 312 pp.
4. Mikadze Yu.V., Andreeva E.V. Vliianie lateralizatsii mozgovoego porazheniia na sostoianie mezhfunktional'nykh i mezhsistemnykh vzaimodeistvii [Influence of lateralization of brain injury on the state of cross-functional and inter-system interactions]. *Psikhologicheskie issledovaniia (elektronnyi zhurnal)* [Psychological Research (electronic resource)], vol. 6, no. 28, pp. 12.
5. Simernitskaia E.G. Dominantnost' polusharii [Dominant hemisphere]. Moscow: MGU, 1978. 47 p.
6. Solso R.L. Kognitivnaia psikhologija. 6-e izd. [Cognitive psychology. 6th ed]. Saint Petersburg: Piter, 2006. 600 pp.
7. Khomskaia E.D. *Neiropsikhologija* [Neuropsychology]. Saint Petersburg: Piter, 2007. 496 pp.
8. Tsvetkova L.S. *Neiropsikhologija i afaziia: novyi podkhod*. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo psikhologosotsial'nogo instituta [Neuropsychology and aphasia: a new approach]. Moscow: Publishing House of Moscow psycho-social institution; Voronezh NGO "MODEK" Publ., 2001. 592 pp.
9. Boban M., Črnac P., Junaković A., Malojčić B. Hemodynamic monitoring of middle cerebral arteries during cognitive tasks performance. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 2014, no. 68, pp. 795–803.
10. Bracco L. Cerebral hemodynamic lateralization during memory tasks as assessed by functional transcranial Doppler (fTCD) sonography: Effects of gender and healthy aging. *Cortex*, 2011, no. 47, pp. 750–758.
11. Bulla-Hellwig M., Vollmer J., Gotzen A., Skreczek W., Hartje W. Hemispheric asymmetry of arterial blood flow velocity changes during verbal and visuospatial tasks. *Neuropsychologia*, 1996, no. 34, pp. 987–991.
12. Dorst J., Haag A., Knake S., Oertel W., Hamer H., Rosenow F. Functional transcranial Doppler sonography and spatial orientation paradigm identify the non-dominant hemisphere. *Brain and Cognition*, 2008, no. 68, pp. 53–58.
13. Duschek S., Schandry R. Functional transcranial Doppler sonography as a tool in psychophysiological research. *Psychophysiology*, 2003, no. 40, pp. 436–454.
14. Hartje W., Ringelstein E.B., Kisting B., Fabianek D., Willmes K. Transcranial Doppler ultrasonic assessment of middle cerebral artery blood flow velocity changes during verbal and visuospatial cognitive tasks. *Neuropsychologia*, 1994, no. 32, pp. 1443–1452.
15. Knake S., Haag A., Hamer HM, Dittmer C., Bien S., Oertel WH, Rosenow F. Language lateralization in patients with temporal lobe epilepsy: a comparison of functional transcranial Doppler sonography and the Wada test. *Neuroimage*, 2003, no. 19, pp. 1228–1232.
16. Knecht S., Drager B., Deppe M. et al. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*. R., 2000, no. 123, pp. 2512–2518.
17. Lohmann H., Drager B., Muller-Ehrenberg S, Deppe M., Knecht S. Language lateralization in young children assessed by functional transcranial Doppler sonography. *Neuroimage*, 2005, no. 24, pp. 780–790.
18. Markus HS, Boland M. "Cognitive activity" monitored by non-invasive measurement of cerebral blood flow velocity and its application to the investigation of cerebral dominance. *Cortex*, 1992, no. 28, pp. 575–581.
19. Njemanze PC, Gomez CR, Horenstein S. Cerebral lateralisation and color perception: A transcranial Doppler study. *Cortex*, 1992, no. 28, pp. 69–75.
20. Njemanze P.C. Cerebral lateralisation for facial processing: Gender-related cognitive styles determined using Fourier analysis of mean cerebral blood flow velocity in the middle cerebral arteries. *Laterality*, 2007, vol. 12, no. 1, pp. 31–49.
21. Pelletier I., Sauerwein H., Lepore F., Saint-Amour D., Lassonde M. Non-invasive alternatives to the Wada test in the presurgical evaluation of language and memory functions in epilepsy patients. *Epileptic Disorders*, 2007, vol. 9, no. 2, pp. 111–126.
22. Rihs F., Gutbrod K., Gutbrod B., Steiger HJ, Sturzenegger M., Mattle HP. Determination of cognitive hemispheric dominance by "stereo" transcranial Doppler sonography. *Stroke*, 1995, no. 26, pp. 70–73.
23. Silvestrini M., Cupini LM, Matteis M., Troisi E., Caltagirone C. Bilateral simultaneous assessment of



- cerebral flow velocity during mental activity. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 1994, no. 14, pp. 643–648.
24. Strooban, N.; Vingerhoets G. Transcranial Doppler ultrasonography monitoring of cerebral hemodynamics during performance of cognitive tasks: A review. *Neuropsychology review*, 2000, vol. 10, no. 4, pp. 213–231.
25. Stroobant N., Buijs D., Vingerhoets G. Variation in brain lateralization during various language tasks: a functional transcranial Doppler study. *Behavioural brain research*, 2009, no. 199, pp. 190–196.
26. Szaflarski J.P., Binder J.R., Possing E.T., McKiernan K.A., Ward B.D., Hammeke T.A. Language lateralization in left-handed and ambidextrous people fMRI data. *Neurology*, 2002, no. 59, pp. 238–244.
27. Tiecks F.P., Haberl R.L., Newell D.W. Temporal patterns of evoked cerebral blood flow during reading. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 1998, no. 18, pp. 735–741.
28. Vingerhoets G., Stroobant N. Lateralization of cerebral blood flow velocity changes during cognitive tasks. A simultaneous bilateral transcranial Doppler study. *Stroke*, 1999, no. 30, pp. 2152–2158.
29. Washburn D.A., Schultz N.B., Phillips H.A. Transcranial Doppler Sonography in Studies of Mental Effort. In Dr. K. Thoirs (ed.), *Sonography*. 2012, pp. 227–248.
30. Whitehouse A., Badcock N., Groen M., Bishop D.V.M. Reliability of a novel paradigm for determining hemispheric lateralization of visuospatial function. *J. Int Neuropsychol Soc.*, 2009, vol. 15, no. 6, pp. 1028–1032.