

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Биология. Химия. Том 9 (75). 2023. № 2. С. 3–11.

УДК 612.821.2

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-2-3-11

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ ОТ СТЕПЕНИ МЕЖПОЛУШАРНОЙ СВЯЗАННОСТИ РАБОТЫ НЕЙРОННЫХ АНСАМБЛЕЙ

Алешенко Н. А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», Ярославль, Россия
E-mail: safonnik55@gmail.com*

Проведено исследование связи межполушарной синхронизации электрической активности больших полушарий с результатами теста 2n-назад на позицию. Различная нагрузка на рабочую память вызывает различные паттерны проявления структуры распределения активности ритмов головного мозга. При действии более слабой нагрузки наблюдалась значимая степень корреляции межполушарной когерентности бета-, тета- и альфа- ритмов с результатами теста. При действии более высоких нагрузок наблюдалась значимая связь с результатами теста только для дельта-ритма. Увеличение нагрузки на рабочую память приводит к значительным изменениям в структуре распределения активности ритмов головного мозга. Векторы данного изменения определялись оказываемой нагрузкой и носят адаптивный характер для увеличения эффективности работы.

Ключевые слова: ЭЭГ, когерентность, рабочая память, предикторы, тест 2n- назад, межполушарная корреляция, кортикальная интеграция, ритмы головного мозга.

ВВЕДЕНИЕ

Интеллектуальная деятельность человека чрезвычайно многогранна. Длительное время она являлась предметом пристального изучения научным сообществом. Однако, несмотря на успехи, достигнутые в некоторых областях нейронауки, проблема поиска физиологических предикторов остается открытой. В частности, поиск электрофизиологических предикторов отдельных характеристик интеллектуальной деятельности остается важной задачей для исследований в области работы мозга [1].

В настоящее время особую важность представляет интеллектуальная эффективность, связанная с работой на персональном компьютере, так как повсеместно происходит интенсивное внедрение информационных компьютерных технологий во все сферы деятельности, начиная от образования, заканчивая профессиональной карьерой самого широкого круга специалистов [2]. Все

актуальнее становятся вопросы профессионального отбора и пригодности к выполнению сложного рода работ, а также вопросы разработки методик диагностики изменения и контроля функционального состояния человека в ходе выполнения профессиональной деятельности [3]. Как в отечественной, так и в зарубежной литературе приводятся многочисленные данные о том, что работа на компьютере связана с эмоциональным напряжением, вызывающим физиологические, психологические и поведенческие изменения у человека [1, 4–6]. При этом надо отметить, что успешность выполняемой деятельности является одним из значимых факторов, влияющих на состояние психологического и эмоционального комфорта, что в свою очередь обеспечивает адекватное выполнение профессиональных и образовательных обязанностей и минимизацию отрицательного влияния на здоровье человека. Поэтому исследование физиологических предикторов интеллектуальной деятельности является актуальной задачей для повышения успешного выполнения задач [7].

Но, на данный момент, предикторы успешной когнитивной деятельности у обучающейся молодежи изучены недостаточно и необходимы дополнительные исследования в этой области.

Возможным эффективным предиктором успешной интеллектуальной деятельности является межполушарная связанность (когерентность) электрической активности больших полушарий. Межполушарная когерентность – это показатель степени связанности и согласованности работы нейронных ансамблей различных отделов коры головного мозга, находящихся в разных полушариях [8, 9]. В частности, анализ когерентности ЭЭГ сигналов в парах корковых зон позволяет оценить степень функциональной связанности зон (*functional connectivity*), которая определяется как корреляция пространственно-удаленных нейрофизиологических событий [10].

Цель исследования: выявить взаимосвязь особенностей кортикальной интеграции различных зон с результатами тестов на рабочую память у студентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 35 относительно здоровых человек в возрасте от 18 до 26 лет, являющихся студентами Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова. Из всех зарегистрированных электроэнцефалограмм по параметрам выраженности ритмов для обработки были отобраны 26 записей отвечающие критериям качества.

Регистрация ЭЭГ проводилась в стандартных условиях: в звукоизолированном помещении, при комфортной температуре, в первой половине дня. Исследуемый находился в удобном положении сидя при отсутствии внешних раздражителей.

Запись и анализ ЭЭГ осуществляли с помощью аппаратно-программного комплекса Нейрон-Спектр-4/ВПМ (ООО «Нейрософт», г. Иваново, Россия). Для регистрации использовали систему расположения электродов «10-20» при монополярном способе отведения с референтными объединенными ушными электродами, 8 пар активных электродов располагались в точках, соответствующих корковым зонам: затылочным (O1-O2), теменным (P3-P4), центральным (C3-C4),

лобным (Fp1-Fp2, F3-F4, F7-F8) и височным (T3-T4, T5-T6). Заземляющий электрод располагался по центру теменной доли в области центральной борозды или на лобной пазухе.

Полученные записи электроэнцефалограммы обрабатывались по следующим шагам: выделение артефактов, расстановка эпох анализа и когерентный анализ ЭЭГ. Анализ межполушарной когерентности проводился по всем ритмам электроэнцефалограммы: дельта, тета, альфа и бета (подразделялся на низкочастотный и высокочастотный). Изучение рабочей памяти проводилось с помощью задачи 2N-назад в двух её модификациях:

Задание на определение позиции квадрата два хода назад – 2N-назад "Позиция". На экране монитора в поле 3x3 клетки каждые три секунды в одной случайной клетке появлялся голубой квадрат. Цвет квадрата в данной серии не менялся от хода к ходу. Количество предъявлений квадрата составляло 21 раз. Если позиция голубого квадрата была точно такой же, как за два хода до этого, испытуемый должен был реагировать нажатием на клавишу "А".

Задание на определение цвета и позиции квадрата два хода назад – 2N-назад позиция и цвет". На экране монитора в поле 3x3 клетки каждые три секунды в одной случайно выбранной клетке появлялся квадрат. Цвет квадрата от хода к ходу изменялся. Количество предъявлений квадрата составляло 21 раз. Если позиция квадрата была точно такой же, как за два хода до этого, испытуемый должен был реагировать нажатием на клавишу "А". Если цвет квадрата был точно таким же, как за два хода до этого, испытуемый должен был реагировать нажатием на клавишу "F". При совпадении и цвета и позиции квадрата испытуемый должен был нажать обе клавиши.

Результаты теста оценивали по успешности прохождения теста в процентах, т. е. количество правильных ответов по отношению к общему количеству предъявлений [11].

Перед применением статистических критериев была проведена проверка нормальности распределения выборочных данных с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для проведения корреляционного анализа между показателями межполушарной когерентности ЭЭГ и результатами вышеуказанных тестов использовался непараметрический критерий Спирмена.

Обработка количественных данных проводилась с помощью следующего программного обеспечения: Statistica 10.0 и Microsoft Office Excel 2010. Критический уровень значимости принимался равным 0.05 ($\alpha = 0.05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показателей межполушарной когерентности во время теста конфигурации «Позиция». Во время решения теста конфигурации «Позиция», где присутствовал только фактор позиции, наблюдался низкий уровень межполушарной синхронизации тета-ритма в областях коры больших полушарий. Высокая синхронизация тета-ритма в задневисочных (0,47) и центральных (0,40-0,43) областях во время решения теста «Позиция» коррелировала с высокой успешностью его прохождения (табл. 1).

В работе Каратыгина Н. А., отмечалась роль тета-ритма в лобных, центральных и теменных областях в тестах на внимание и память [12]. Вероятно, положительная связь межполушарной когерентности тета-ритма с положительными результатами теста объяснялась активацией кортико-гиппокампальной системы обратной связи, которая в значительной степени связана с рабочей памятью, что активно участвует при выполнении теста [13].

Сходный паттерн активности наблюдался и при изучении альфа-ритма. Межполушарная синхронизация этого показателя в задневисочных (0,39) областях также положительно коррелировала с результатами теста «Позиция».

Каратыгин Н. А. отмечал значимую положительную корреляцию внутрислошарной когерентности альфа-ритма с эффективностью выполнения задач на рабочую память [12]. В нашей работе отмечена и значительная роль межполушарной синхронизации альфа-ритма в тестах на рабочую память (табл. 1).

Таблица 1

Показатели коэффициентов корреляции когерентности с результатами теста «Позиция»

Отведение	Параметр	Ритмы				
		Дельта	Тета	Альфа	Бета нч	Бета вч
FP1-FP2	Средняя мощность когерентности	0,23	0,25	0,04	-0,08	-0,21
	Полная мощность когерентности	0,23	0,25	0,04	-0,08	-0,21
C3-C4	Максимальная мощность когерентности	0,26	0,47*	0,27	0,30	0,16
T3-T4	Максимальная мощность когерентности	0,24	0,27	0,12	-0,46*	-0,47*
	Средняя мощность когерентности	0,26	0,25	-0,06	-0,37	-0,56*
	Полная мощность когерентности	0,26	0,25	-0,06	-0,37	-0,57*
T5-T6	Максимальная мощность когерентности	0,34	0,43*	0,39*	0,24	-0,04
	Средняя мощность когерентности	0,30	0,40*	0,36	0,25	0,04
	Полная мощность когерентности	0,30	0,40*	0,36	0,25	0,04

Примечание: Здесь и далее в таблицах статистические значимые показатели отмечены – *. Нч – низкочастотный; Вч – высокочастотный

Это может быть объяснено компенсаторным перераспределением функций между полушариями из-за сочетания вербальных и невербальных способов обработки информации. Ранее было изучено, что десинхронизация альфа-ритма имеет связь с семантической памятью, требующей логическую обработку получаемой информации и её классификации [14]. В исследовании с простым тестом «Позиция» такой связи не обнаружено, так как в основе данного теста лежит запоминание позиционной информации, обработка которой не требует использования семантической памяти.

Вместе с тем наблюдалась отрицательная связь межполушарной синхронизации высокочастотного и низкочастотного бета-ритма в височных областях с успешностью прохождения первого варианта теста. Подобные данные были получены Новиковым Н. А. и Гуткиным Б. С., авторы показали, что наблюдалось уменьшение мощности бета-ритма после утомления, которое связано с увеличением относительных мощностей медленных ритмов [15]. Известно, что бета-волны играют роль механизма, который возвращает активность головного мозга к исходному состоянию, и тем самым обеспечивает возможность смены деятельности. Так, в процессах, связанных с восприятием, синхронизация на частоте бета-диапазона происходит тогда, когда требуется поддержание определенного когнитивного состояния, например, при слежении за целью [16]. В проведенном исследовании смена деятельности испытуемым заключалась в необходимости держать в памяти ментальную информацию о позиции, которая была два хода назад и одновременно переключать внимание на положение квадрата в реальном времени.

Анализ показателей межполушарной когерентности во время теста конфигурации «Позиция и цвет». Во время решения теста конфигурации «Позиция и цвет» наблюдалась отрицательная корреляция межполушарной синхронизации дельта-ритма в префронтальных и височных областях с результатами тестирования. Подобная зависимость наблюдалась и для высокочастотного бета-ритма в задневисочных областях (табл. 2).

При увеличенной нагрузке, то есть при переходе к более сложному тесту «Позиция и цвет» также отмечалось более высокое подавление высокочастотного бета-ритма в височной области при увеличении успешности прохождения теста.

В данном варианте теста также не отмечено статистически значимой корреляции межполушарной когерентности альфа-ритма, тета-ритма, низкочастотного бета-ритма и результатов выполнения задачи. Наиболее вероятно, что во время решения данного когнитивного теста большую роль в обработке двухфакторной невербальной информации играет степень внутрислошарной синхронизации ритмов, а в межполушарной синхронизации основная нагрузка ложится на дельта-ритм. Ослабление функциональных связей между полушариями у испытуемых может также указывать на более независимую работу полушарий и на раздельную обработку информации на этапе решения невербальной задачи на память.

Таблица 2

**Показатели коэффициента корреляции когерентности с результатами теста
«Позиция и цвет»**

Отведения	Параметр	Ритмы				
		Дельта	Тета	Альфа	Бета нч	Бета вч
FP1-FP2	Средняя мощность когерентности	-0,40*	-0,20	0,17	0,15	-0,03
	Полная мощность когерентности	-0,39*	-0,20	0,17	0,15	-0,03
C3-C4	Максимальная мощность когерентности	-0,17	-0,18	-0,13	0,04	-0,20
T3-T4	Максимальная мощность когерентности	-0,31	-0,33	-0,36	-0,03	-0,19
	Средняя мощность когерентности	-0,41*	-0,39	-0,25	-0,15	-0,09
	Полная мощность когерентности	-0,41*	-0,39	-0,25	-0,14	-0,08
T5-T6	Максимальная мощность когерентности	-0,29	-0,29	-0,34	-0,27	-0,44*
	Средняя мощность когерентности	-0,33	-0,29	-0,25	-0,28	-0,29
	Полная мощность когерентности	-0,32	-0,29	-0,25	-0,27	-0,29

Сравнительный анализ показателей межполушарной когерентности во время тестов конфигураций «Позиция» и «Позиция и цвет». При сводном анализе данных, можно отметить, что имелась тенденция к изменению структуры распределения активности ритмов головного мозга (табл. 1, 2).

При действии более слабой нагрузки наблюдалась значимая скоррелированность межполушарной когерентности бета-, тета- и альфа- ритмов центральных и височных областей (C3-C4; T3-T4; T5-T6) и результатов теста, что указывает на высокую синхронизацию данных ритмов в соответствующих участка головного мозга. В тоже время наблюдалось наличие синхронизированности дельта-ритма. При действии более высоких нагрузок наблюдалась значимая скоррелированность только для дельта-ритма (табл. 2).

Таким образом, корреляция дельта-ритма в префронтальных и височных областях, в случае с вариантом теста «Позиция» изменялась и становилась отрицательной в случае с тестом «Позиция и цвет», что связано с межполушарной синхронизацией этого ритма во время решения более сложной задачи. Это может быть обусловлено изменением теста и увеличением количества предъявляемых стимулов, находящихся в различных модальностях. Вероятно, часть нейронных ансамблей работает с позицией в памяти, а другая часть работает с цветом. Что

приводит к высокой утомляемости во время решения этого теста. Подобная тенденция отчетливо наблюдалась для тета-ритма в задневисочных областях [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разная нагрузка на рабочую память вызывает различные паттерны проявления структуры распределения активности ритмов головного мозга. При действии более слабой нагрузки наблюдалась значимая степень корреляции межполушарной когерентности бета-, тета- и альфа- ритмов с результатами теста. При действии более высоких нагрузок наблюдалась значимая связь с результатами теста только для дельта-ритма.

При увеличении нагрузки на рабочую память происходят значительные изменения в структуре распределения активности ритмов головного мозга. Векторы данного изменения определялось оказываемой нагрузкой и носят адаптивный характер для увеличения эффективности работы. В частности, при действии более тяжелой нагрузки на рабочую память происходит изменение межполушарной когерентности ритмов. Снижалась межполушарная связанность бета-, тета- и альфа-ритмов и возрастает межполушарная когерентность дельта-ритма.

Список литературы

1. ВОЗ (обзор). Видео-дисплейные терминалы и здоровье пользователей. Женева: ВОЗ. – 1989. – 150 с.
2. Горбунова Л. И. Использование информационных технологий в процессе обучения / Л. И. Горбунова, Е. А. Субботина. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 4, вып. 51. – С. 544–547.
3. Сарайкин Д. А. Медико-биологический контроль в спорте: Учебно-методическое пособие для студентов высшей школы физической культуры и спорта ЮУрГГПУ / Сарайкин Д. А., Бачериков Е. Л., Павлова В. И., Камскова Ю. Г. // Челябинск, Изд-во ЗАО «Библиотека А. Миллера». – 2018. – 131 с.
4. Фатхутдинова Л. М. Влияние занятий за компьютером на состояние здоровья школьников г. Казани / Фатхутдинова Л. М., Долодаренко А. Г., Гараева Л. Т. Влияние // Казанский медицинский журнал. – 2005. – №. 4, вып. 86. – С. 308–312.
5. Travers P. H. Office workers and video display terminals: physical, psychological and ergonomic factors / Travers P. H., Stanton V. A. // AAONH J. – 2002 – Vol. 50, No 11. – P. 489–493.
6. Воробьева М. А. Психология труда: учебное пособие для студентов и слушателей образовательных программ укрупнённой группы специальностей «Экономика и управление», «Менеджмент» и «Управление персоналом», а также для магистрантов / М. А. Воробьева – Екатеринбург: Урал.гос.пед.ун-т. – 2015. – 212 с.
7. Медведева Н. И. Влияние информационного стресса на психическое здоровье личности / Медведева Н. И. // Психологическое здоровье личности: теория и практика: сборник научных трудов по материалам III Всероссийской научно-практической конференции / отв. ред. И. В. Белашева. – Ставрополь: Изд-во СКФУ. – 2016. – С. 172–174.
8. Ливанов М. Н. Пространственная организация процессов головного мозга / М. Н. Ливанов. – М.: Наука. 1972. – 182 с.
9. Бехтерева Н. П. Динамика когерентности ЭЭГ при выполнении заданий на невербальную (образную) креативность / Н. П. Бехтерева, Ж. В. Нагорнова // Физиология человека. – 2007. – № 5. – С. 5–13.
10. Fingelkurts A. A. Functional connectivity in the brain – is it an elusive concept? / Fingelkurts A. A., Fingelkurts A. A., Kähkönen S. //Neurosci Biobehav Rev. – 2005. – Vol. 28, №8. – P. 827–836.
11. Jaeggi S. M. Improving fluid intelligence with training on working memory / Jaeggi S. M. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2008 – Vol. 105, №19. – P. 6829–6833.

12. Каратыгин Н. А. Электрофизиологические корреляты различной результативности интеллектуальной деятельности: дис. канд. биол. наук / Каратыгин Николай Алексеевич. – М., 2015. – 137 с.
13. Костандов Э. А. Зависимость от нагрузки на рабочую память пространственной синхронизации предстимульной корковой электрической активности при опознании эмоционального выражения лица / Костандов Э. А., Черемушкин Е. А. //Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2010. – Т. 60, № 2. – С. 166–174.
14. Новикова С. И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы / Новикова С. И. //Современная зарубежная психология. – 2015. – Том 4, № 1. – С. 91–108.
15. Новиков Н. А. Роль бета- и гамма-ритмов в реализации функций рабочей памяти / Новиков Н. А., Гуткин Б. С. // Психология. Журнал ВШЭ. – 2018. – Т. 15, № 1. – С. 174–182.
16. Engel A. Beta-band oscillations – ignaling the status quo? / A. Engel, P. Fries // Current Opinion in Neurobiology. – 2010. – Vol. 20, No 2. – P. 156–165.
17. Дикая Л. А. Сравнительный анализ функциональной организации коры мозга у музыкантов и художников при выполнении профессионально-специфичной творческой деятельности / Дикая Л. А., Денисова И. А. // Северо-Кавказский психологический вестник. – 2011. – Т. 9, №. 1 – С. 14–17.

THE DEPEND OF WORKING MEMORY EFFICIENCY ON THE EXENT INTERHEMISPHERIC CONNECTIVITY NEURON ASSEMBLAGES

Aleshenko N. A.

*P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia
E-mail: safonnik55@gmail.com*

At the moment, predictors of efficacious cognitive activity in young students have not been studied enough and additional research is needed in this area. A possible effective predictor of efficacious intellectual activity is the interhemispheric connectivity (coherence) of the electrical activity of the large hemispheres.

A study of the relationship of interhemispheric synchronization of electrical activity of the large hemispheres with the results of the 2n-back to position test was carried out. Different load on working memory causes various patterns of manifesting the distribution structure the activity of brain rhythms. Under the action of a weaker load, a significant degree of correlation of the interhemispheric coherence of beta, theta and alpha rhythms with the test results is observed. Under the action of higher loads, there is a significant relationship with the test results only for the delta rhythm. An increase in the load on working memory leads to significant changes in the distribution structure the activity of brain rhythms. The vectors of this change are determined by the exerted load and are adaptive in nature to increase work efficiency.

The different load on working memory causes different patterns of manifestation of the structure of the distribution of activity of the rhythms of the brain. Under the action of a weaker load, a significant degree of correlation of the interhemispheric coherence of beta, theta and alpha rhythms with the test results was observed. Under the action of higher loads, a significant relationship was observed with the test results only for the delta rhythm.

With an increase in the load on working memory, significant changes occur in the structure of the distribution of activity of brain rhythms. The vectors of this change were determined by the exerted load and are adaptive in nature to increase work efficiency. In particular, under the influence of a heavier load on working memory, there is a change in the interhemispheric coherence of rhythms. The interhemispheric connectivity of beta, theta and alpha rhythms decreased and the interhemispheric coherence of the delta rhythm increased.

Keywords: EEG, coherence, working memory, predictors, 2n-back test, interhemispheric correlation, cortical integration, brain rhythms.

References

1. WHO (review). *Video display terminals and user health*, 150 p. (Geneva: WHO. 1989).
2. Gorbunova L. I., Subbotina E. A. The use of information technologies in the learning process, Text: direct, *Young scientist*, **4 (51)**, 544 (2013).
3. Saraykin D. A., Bacherikov E. L., Pavlova V. I., Kamskova Yu. G. *Medico-biological control in sports: An educational and methodical manual for students of the Higher School of Physical Culture and Sports of the South Ural State Pedagogical University*, 131 p. (Chelyabinsk, Publishing House of CJSC "A. Miller Library", 2018).
4. Fatkhutdinova L. M., Dolodarenko A. G., and Garaeva L. T. "The influence of computer classes on the health of schoolchildren in Kazan" *Kazan Medical Journal*, **86, 4**, 308 (2005).
5. Travers P. H., Stanton B. A. Office workers and video display terminals: physical, psychological and ergonomic factors. *AAOHN J.*, **50(11)**, 489 (2002).
6. Vorobyova M. A. *Labor psychology: a textbook for students and students of educational programs of the enlarged group of specialties "Economics and Management", "Management" and "Personnel Management", as well as for undergraduates*, 212 p. (Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, 2015).
7. Medvedeva N. I. *The influence of information stress on the mental health of the individual // Psychological health of the individual: theory and practice: a collection of scientific papers based on the materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference*, 172 (Stavropol: Publishing House of NCFU, 2016).
8. Livanov M. N. *Spatial organization of brain processes*, 182 p (M.: Nauka, 1972).
9. Bekhtereva N. P. Nagornova Zh. V. Dynamics of EEG coherence when performing tasks on nonverbal (figurative) creativity, *Human Physiology*, **5**, 5 (2007).
10. Fingelkurts A. A., Fingelkurts A. A., Kähkönen S. Functional connectivity in the brain – is it an elusive concept? *Neurosci Biobehav Rev.*, **28, 8**, 827 (2005).
11. Jaeggi Susanne M. et al. "Improving fluid intelligence with training on working memory." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **105, 19**, 6829 (2008).
12. Karatygin N. A. *Electrophysiological correlates of various performance of intellectual activity: dis. ... cand. biol. nauk*, 137 p. (M., 2015).
13. Kostandov E. A., Cheremushkin E. A. Dependence on the load on working memory of spatial synchronization of prestimular cortical electrical activity during identification of emotional facial expression, *Journal of Higher nervous activity. IP Pavlova.*, **60, 2**, 166 (2010).
14. Novikova S. I. EEG rhythms and cognitive processes. *Modern foreign psychology*, **4, 1**, 91 (2015).
15. Novikov N. A., Gutkin B. S. The role of beta and gamma rhythms in the realization of working memory functions, *Psychology. HSE Journal*, **15, 1**, 174 (2018).
16. Engel A., Fries P. Beta-band oscillations – ignaling the status quo? *Current Opinion in Neurobiology*, **20, 2**, 156 (2010).
17. Dikaya L. A., Denisova I. A. "Comparative analysis of the functional organization of the cerebral cortex in musicians and artists when performing professionally-specific creative activity", *North Caucasian Psychological Bulletin*, **9, 1**, 14 (2011).