

**ВЕСТНИК ПСИХОФИЗИОЛОГИИ**

*Psychophysiology News*

*Изучается человек –  
его эмоции, воля, состояние, функциональная асимметрия,  
темперамент, поведение и т.д.  
И для того, чтобы изучить все это, необходимо содружество наук,  
а не высокомерное и ревностное отношение друг к другу.*

*Е.П. Ильин*

**Главный редактор – Булгакова Ольга Сергеевна**

**Заместители главного редактора**

**Андрушакевич Анатолий Андреевич** – старший научный сотрудник, кандидат медицинских наук, Нижегородский медицинский колледж, ученый секретарь Межрегиональной психофизиологической ассоциации (Россия)

**Бартош Татьяна Петровна** – доцент, кандидат биологических наук, НИЦ «Арктика» Дальневосточного отделения РАН, член президиума Межрегиональной психофизиологической ассоциации (Россия)

**Буркова Светлана Алексеевна** – доцент РГПУ им. А.И. Герцена, кандидат психологических наук, ученый секретарь Международного научного психофизиологического содружества, кандидат членов Межрегиональной психофизиологической ассоциации (Россия)

**Редакционная коллегия**

**Раздел «Психологическая психофизиология»**

**Барышева Тамара Александровна** – профессор, доктор психологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Волкова Ирина Павловна** – профессор, доктор психологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Ермакова Елена Сергеевна** – профессор, доктор психологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Каменская Валентина Георгиевна** – чл.-кор. РАО, доктор психологических наук, Елец, Россия

**Мартинсоне Кристина Эрнестовна** – профессор, доктор психологических наук, Рига, Латвия

**Рычкова Лидия Сергеевна** – профессор, доктор психологических наук, Челябинск, Россия

**Ситников Валерий Леонидович** – профессор, доктор психологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Яценко Елена Федоровна** – профессор, доктор психологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Луценко Елена Львовна** – доцент, кандидат психологических наук, Харьков, Украина

**Добрин Александр Викторович** – доцент, кандидат психологических наук, Елец, Россия

**Рядинская Евгения Николаевна** – доцент, кандидат психологических наук, Макеевка, Донбасс

**Раздел «Физиологическая психофизиология»**

**Арнис Вольдемар** – профессор, доктор биологических наук, Рига, Латвия

**Вольнова Анна Борисовна** – старший научный сотрудник, доктор биологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Елисеев Евгений Вадимович** – профессор, доктор биологических наук, Челябинск, Россия

**Кокорева Елена Геннадьевна** – доцент, доктор биологических наук, Челябинск, Россия

**Кузнецова Тамара Георгиевна** – главный научный сотрудник, доктор биологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Николаева Елена Ивановна** – профессор, доктор биологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Попова Татьяна Владимировна** – профессор, доктор биологических наук, Челябинск, Россия

**Халфина Регина Робертовна** – доцент, доктор биологических наук, Уфа

**Чернышева Марина Павловна** – профессор, доктор биологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Шибкова Дарья Захаровна** – профессор, доктор биологических наук, Челябинск, Россия

**Шаяхметова Эльвира Шигабетдиновна** – профессор, доктор биологических наук, Уфа, Россия

**Бартош Ольга Петровна** – кандидат биологических наук, Магадан, Россия

**Чайванов Дмитрий Борисович** – доцент, кандидат физико-математических наук, Москва, Россия

**Раздел «Медицинская психофизиология»**

**Авилов Олег Валентинович** – профессор, доктор медицинских наук, Челябинск

**Благинин Андрей Александрович** – профессор, доктор медицинских наук, доктор психологических наук, Санкт-Петербург, Россия

**Бондарь Леонида Сергеевна** – профессор, доктор медицинских наук, Макеевка, Донбасс

**Быков Евгений Витальевич** – доцент, доктор медицинских наук, Челябинск, Россия  
**Кулганов Владимир Александрович** – профессор, доктор медицинских наук, Санкт-Петербург Россия,  
**Петров Максим Сергеевич** – профессор, доктор медицинских наук, Окленд, Новая Зеландия  
**Салехов Саид Абдуллаевич** – профессор, доктор медицинских наук, Новгород, Россия  
**Смелышева Лада Николаевна** – профессор, доктор медицинских наук, Курган, Россия  
**Сысоев Владимир Николаевич** – профессор, доктор медицинских наук, Санкт-Петербург, Россия  
**Цикунов Сергей Георгиевич** – профессор, доктор медицинских наук, Санкт-Петербург, Россия  
**Юматов Евгений Антонович** – профессор, доктор медицинских наук, Москва, Россия  
**Волобуев Вахтанг Вячеславович** – доцент, кандидат медицинских наук, Макеевка, Донбасс  
**Ковпак Дмитрий Викторович** – доцент, кандидат медицинских наук, Санкт-Петербург, Россия  
**Яценко Алексей Васильевич** – доцент, кандидат медицинских наук, Москва, Россия

**Раздел «Педагогическая психофизиология»**

**Артеменкова Татьяна Анатольевна** – профессор, доктор педагогических наук, Ярославль, Россия  
**Кантор Виталий Зорахович** – профессор, доктор педагогических наук, Санкт-Петербург, Россия  
**Яшина Любовь Григорьевна** – доцент, кандидат педагогических наук, Научно-практический центр «Психосоматическая нормализация», Санкт-Петербург, Россия

**Раздел «Социальная психофизиология»**

**Каменева Елена Геннадьевна** – научный сотрудник, кандидат биологических наук, Санкт-Петербург, Россия  
**Кузьмичева Ирина Валентиновна** – старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, Санкт-Петербург, Россия  
**Яшина Мария Николаевна** – доцент, кандидат социологических наук, Санкт-Петербург

**Раздел «Философская психофизиология»**

**Бетильмерзаева Марет Мусламовна** – доцент, доктор философских наук, Грозный, Россия  
**Меньчиков Геннадий Павлович** – профессор, доктор философских наук, Казань, Россия  
**Сюч Ольга** – кандидат философских наук, Венгрия, Будапешт

**Раздел «Психофизиология творчества»**

**Чукуров Андрей Юрьевич** – доцент, кандидат культурологии, Санкт-Петербург, Россия

ISSN 2227-6157

Международный научный журнал «Вестник психофизиологии». № 4. 2018. 184 с.

Выходит ежеквартально с апреля 2012 года. Периодичность выхода журнала 4 раза в год.

Учредитель: Научно-практический центр «Психосоматическая нормализация».

Издатель: НПЦ «ПСН»

Журнал зарегистрирован в ФС по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ №ФС77-57720 от 18 апреля 2014 года

Журнал представлен в Реферативном журнале ВИНТИ РАН, включен в фонд научно-технической литературы (НТЛ) ВИНТИ РАН, включен в базу данных "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

Подписной индекс 43359 в Объединенном каталоге «Пресса России» и в Интернет-каталоге Агентства «Книга-Сервис».

Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 07.06.2017).

EEG CORRELATES OF SUBJECTIVE INTEREST AND  
STRUCTURE RUNNING JOBS IN THE UPPER ALPHA RANGE:  
COMPARATIVE study of the USE of the paradigm of Go/No Go

Konstantinova M. V., Anisimov V. N., Latanov A. V.  
Russia, Moscow,  
Moscow state University. M. V. Lomonosov

Investigation of psychophysiological correlates of interesting and uninteresting task performance may be promising for optimization working and learning conditions. The previous study refers to dedicated and undedicated tasks performance showed that mental activity during school tasks performance has EEG-correlates in upper alpha subband. The current study proceeds this theme however it refers to tasks with low level of cognitive demands. We studied the average power spectra dynamic during Go/No go task performance in each blocks of trials of different durations depending on subjective estimation of interest level. The subjective estimation of interest level and task structure has EEG-correlates in upper alpha subband. The most interesting tasks performance with vision engagement accompanied by greater alpha-power in occipital brain area irrespective of cognitive demands.

Keywords: EEG, Go/No go task, interest, subjective estimation.

*Статья поступила в редакцию 08.09.2018.*

*Статья принята к публикации 11.09.2018*

**УДК 612.821.3**

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МЮ-РИТМА У ЧЕЛОВЕКА ПРИ НАБЛЮДЕНИИ, ПРОИЗНЕСЕНИИ И МЫСЛЕННОМ  
ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ СЛОВ<sup>1</sup>

*Бушов Ю. В., Светлик М. В., Есипенко Е. А*  
*Россия, Томск*  
*Томский государственный университет*  
*bushov@bio.tsu.ru*

С целью поиска надёжных маркеров активации коммуникативных зеркальных нейронов у 32 юношей в возрасте от 18 до 22 лет исследовали корреляционные и спектральные характеристики мю-ритма при наблюдении, произнесении и мысленном воспроизведении эмоционального и нейтрального слов.

В первой серии ("Наблюдение-1") испытуемый наблюдал за оператором, который беззвучно одними губами произносил слово "Раз", когда стрелка секундомера на экране монитора пересекала деления 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 и 55 с. Во второй серии ("Произнесение слова-1") испытуемый сам выполнял указанную деятельность, а в третьей серии ("Мысленное воспроизведение слова-1") - в указанные моменты времени мысленно произносил то же слово. В четвертой серии "Наблюдение-2" испытуемый наблюдал за оператором, который в указанные моменты времени беззвучно одними губами произносил слово "Боль". В пятой серии ("Произнесение слова-2") в указанные моменты времени он сам произносил то же слово, а в шестой серии ("Мысленное воспроизведение слова-2") - мысленно воспроизводил указанное слово.

Перед выполнением деятельности и в процессе её выполнения регистрировали ЭЭГ в лобных, центральных, височных, теменных и затылочных отведениях по системе "10-20%". С целью исключения артефактов, связанных с движением глаз и мышечной активностью, регистрировали ЭОГ и ЭМГ мышц шеи и лба. При обработке полученных данных

подсчитывали максимальные значения кросскорреляционных функций и оценки спектральной мощности на коротких (1,5 с) лишённых артефактов отрезках записи ЭЭГ за 3 с и 1,5 с - до пересечения стрелкой секундомера соответствующего деления и сразу после указанного события. Статистическую значимость различий оценивали по критерию Вилкоксона для связанных выборок.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что мю-ритм отражает активность коммуникативных зеркальных нейронов, что проявляется в депрессии этого ритма при наблюдении, произнесении и мысленном воспроизведении слов. Однако этот эффект зависит от частоты указанного ритма, вида и этапа выполняемой деятельности, и латеральной организации мозга.

Ключевые слова: коммуникативные зеркальные нейроны, произнесение слов, мю-ритм, корковые взаимодействия.

**Введение.** Изучение роли зеркальных нейронов в когнитивных процессах является актуальной проблемой современной психофизиологии. Согласно популярной в настоящее время гипотезе [7], зеркальные нейроны могут служить нейрональной основой для интерпретации действий, подражательного обучения и имитации поведения других людей. Важным аспектом указанной проблемы является поиск надёжных маркеров активации этих нейронов. Особый интерес в этом плане представляет так называемый мю-ритм с частотой 8-13 Гц, который регистрируется в центральных областях коры и не подавляется при зрительной и слуховой стимуляции [1]. Установлено, что депрессия этого ритма, как и активация зеркальных нейронов, наблюдается не только при выполнении человеком какого-либо действия, но также при наблюдении и мысленном воспроизведении этого действия [1; 2]. Вместе с тем проведённые в этом направлении исследования дали неоднозначные результаты. В частности, в опытах с параллельной регистрацией ЭЭГ и ФМРТ-сканированием мозга при наблюдении хватательных движений подтверждена связь депрессии мю-ритма с активацией системы зеркальных нейронов у человека [10]. Однако другие авторы при изучении электрической активности мозга в центральных и затылочных отделах при наблюдении за "биологическими" движениями (руками) и небологическими движениями (калейдоскопическими движущимися стимулами) приходят к выводу, что подавление мю-ритма не является действенным средством изучения активности зеркальных нейронов. На основе полученных данных авторы утверждают, что подавление мю-ритма может быть использовано как индикатор активации зеркальных нейронов человека, но эффект слабый и ненадёжный, и легко смешивается с подавлением затылочного альфа-ритма [6]. Кроме того, некоторые исследователи [11] выделяют в мю-ритме два поддиапазона 8-10 и 10-12 Гц, которые, по их мнению, функционально различаются. По данным этих авторов низкочастотная составляющая мю-ритма (8-10 Гц) проявляет "неспецифическую" десинхронизацию, регистрируемую при разных движениях, в то время как высокочастотная составляющая (10-12 Гц) проявляет "специфическую" десинхронизацию, которая отчетливо различается при движениях пальцев руки и ступни [11].

В ряде исследований обнаружена зависимость реактивности мю-ритма от индивидуальных особенностей человека [5; 8; 9; 12]. Все эти данные указывают на необходимость дальнейших исследований, направленных, в частности, на изучение зависимости реактивности мю-ритма от вида выполняемых действий и индивидуальных особенностей человека, на выяснение функциональной значимости различных частотных составляющих этого ритма.

**Целью** настоящего исследования явилось изучение корреляционных и спектральных характеристик мю-ритма у человека при наблюдении, произнесении и мысленном воспроизведении эмоционального и нейтрального слов.

**Материал и методы исследования.** В исследованиях участвовали добровольцы, практически здоровые юноши, студенты в возрасте от 18 до 22 лет (32 человека, правши). В первой серии ("Наблюдение-1") испытуемый наблюдал за оператором, который беззвучно

одними губами произносил слово "Раз", когда стрелка секундомера на экране монитора пересекала деления 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 и 55 с. Всего стрелка секундомера совершала 5 оборотов. Во второй серии ("Произнесение слова-1") испытуемый сам выполнял указанную деятельность, а в третьей серии ("Мысленное воспроизведение слова-1") - в указанные моменты времени мысленно произносил то же слово. В четвертой серии "Наблюдение-2" испытуемый наблюдал за оператором, который в указанные моменты времени беззвучно одними губами произносил слово "Боль". В пятой серии ("Произнесение слова-2") в указанные моменты времени он сам произносил то же слово, а в шестой серии ("Мысленное воспроизведение слова-2" - мысленно воспроизводил указанное слово. Перед выполнением деятельности и в процессе её выполнения регистрировали ЭЭГ с помощью энцефалографа "Энцефалан-131-03" в лобных, центральных, височных, теменных и затылочных отведениях по системе "10-20 %". С целью исключения артефактов, связанных с движением глаз и мышечной активностью, регистрировали ЭОГ и ЭМГ мышц шеи и лба. При вводе аналоговых сигналов в ЭВМ частота дискретизации составляла 250 Гц. С целью выделения мю-ритма частотой 8-13 Гц ЭЭГ предварительно фильтровали. При обработке полученных данных подсчитывали максимальные значения кросскорреляционных функций и оценки спектральной мощности на коротких (1,5 с) лишённых артефактов отрезках записи ЭЭГ за 3 с (фон) и 1,5 с (этап подготовки) до пересечения стрелкой секундомера соответствующего деления и сразу после указанного события (этап выполнения действия). Полученные значения коэффициентов корреляции и оценки спектральной мощности усредняли отдельно для каждого этапа деятельности, для каждой серии и по всем испытуемым. Статистическую значимость различий оценивали по критерию Вилкоксона для связанных выборок.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведённые исследования позволили обнаружить статистически значимые изменения спектральной мощности ЭЭГ на частотах мю-ритма на разных этапах выполняемой деятельности. Оказалось, что характер этих изменений зависит от частоты ритма. В частности, в серии "Наблюдение-1" на этапе выполнения действия в отведении С3 обнаружено статистически значимое ( $p < 0,05$ ), по сравнению с фоном, снижение спектральной мощности ЭЭГ на 1,8% на частоте 8 Гц, а на частоте 10 Гц в том же отведении наблюдается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) повышение спектральной мощности ЭЭГ на 3,6% (рисунок 1).

Зависимость изменений спектральной мощности мю-ритма на разных этапах выполняемой деятельности от частоты ритма обнаружена и в сериях с наблюдением и произнесением эмоционального слова. Так, если в серии "Наблюдение-2" в отведении С3 на частоте 8 Гц спектральная мощность мю-ритма на этапе выполнения, по сравнению с фоном, статистически значимо снижается ( $p < 0,05$ ) на 4 %, то на частоте 9 Гц в том же отведении наблюдается её повышение ( $p < 0,05$ ) на 2%. Если в серии "Произнесение слова-2" на частоте 9 Гц в отведении С3 на этапе выполнения, по сравнению с фоном, наблюдается снижение спектральной мощности мю-ритма ( $p < 0,05$ ) на 10%, то на частоте 10 Гц в том же отведении наблюдается её повышение ( $p < 0,05$ ) на 5%.

Наряду с этим обнаружены статистически значимые межполушарные различия изменений спектральной мощности мю-ритма на разных этапах выполняемой деятельности. Так, если в серии "Наблюдение-1" в отведении С3 на частоте 8 Гц спектральная мощность мю-ритма на этапе выполнения, по сравнению с фоном, снижается ( $p < 0,05$ ) на 1,8%, то в отведении С4 на той же частоте наблюдается повышение мощности этого ритма на 6,3% ( $p < 0,02$ ). Если в серии "Наблюдение-2" в отведении С3 на частоте 8 Гц на этапе выполнения, по сравнению с фоном, наблюдается статистически значимое снижение спектральной мощности мю-ритма на 4% ( $p < 0,05$ ), то в отведении С4 на той же частоте наблюдается повышение мощности этого ритма на 3,7% ( $p < 0,05$ ).

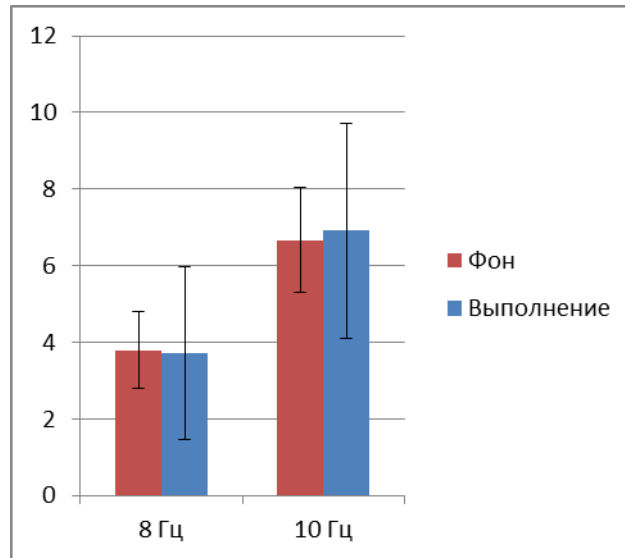


Рис 1. Зависимость изменений спектральной мощности ЭЭГ в отведении С3 от частоты мю-ритма в серии "Наблюдение-1"

Примечание: на оси ординат отложены значения спектральной мощности ЭЭГ в  $\text{mkB}^2$

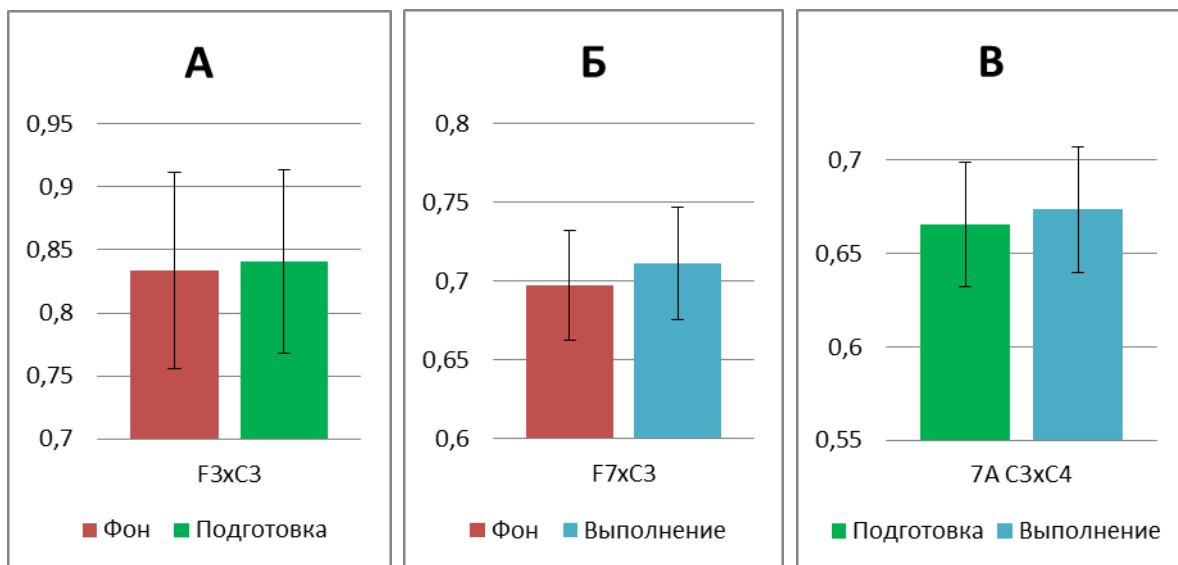


Рис. 2. Зависимость корковых взаимодействий на частоте мю-ритма от этапа выполняемой деятельности в серии "Наблюдение-1"

Примечание: на оси ординат отложены значения коэффициента корреляции в отн.ед.

По-видимому, обнаруженное на некоторых частотах снижение спектральной мощности мю-ритма отражает активацию коммуникативных зеркальных нейронов [3], а найденные межполушарные различия в изменении спектральной мощности мю-ритма, вероятно, свидетельствует о преимущественной активации коммуникативных нейронов, расположенных в левом полушарии.

Анализ корковых взаимодействий позволил обнаружить при наблюдении, произнесении и мысленном воспроизведении неэмоционального слова статистически значимое ( $p < 0,05$ ), по сравнению с фоном, усиление уровней корковых связей на частоте мю-ритма между центральными и лобными, височными, теменными и затылочными отведениями ЭЭГ на этапах подготовки и выполнения действия, а также на этапе

выполнения действия, по сравнению с подготовкой. Так, например, в серии "Наблюдение-1" обнаружено усиление корреляций между отведениями F3 и C3 на этапе подготовки, по сравнению с фоном (рис. 2А), а также усиление корреляций между отведениями F7 и C3 на этапе выполнения действия, по сравнению с фоном (рис. 2Б). Усиление корреляций на частоте мю-ритма наблюдается также между отведениями C3 и C4 на этапе выполнения коммуникативного действия, по сравнению с его подготовкой (рис. 2В).

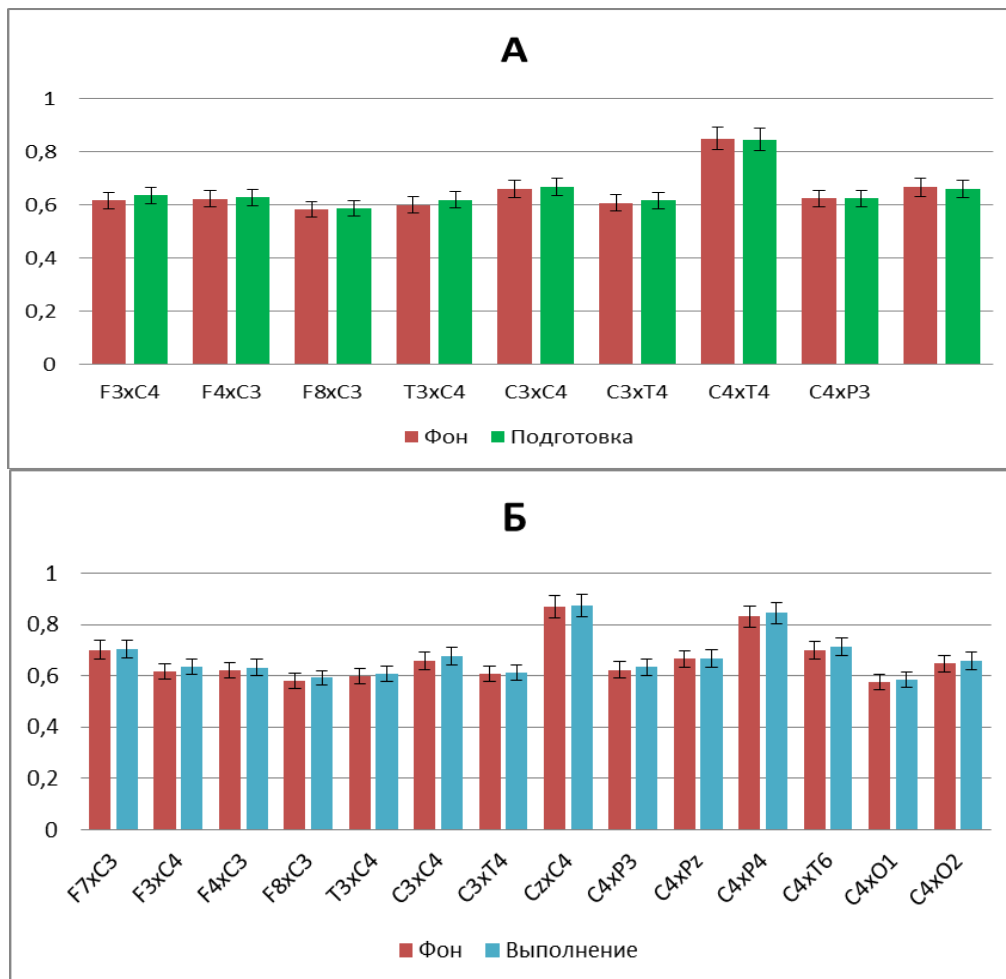


Рис. 3. Зависимость корковых взаимодействий на частоте мю-ритма от этапа выполняемой деятельности в серии "Наблюдение-2"

**Примечание:** приведены только статистически значимые различия уровней корковых связей ( $p < 0,05$ ).

Сходные изменения корковых взаимодействий на разных этапах выполняемой деятельности обнаружены в сериях с наблюдением, произнесением и мысленным воспроизведением эмоционального слова. В частности, в серии "Наблюдение-2" обнаружено статистически значимое ( $p < 0,05$ ), по сравнению с фоном, усиление внутри- и межполушарных корковых связей на частоте мю-ритма между центральными и лобными, височными, теменными и затылочными зонами коры на этапах подготовки и выполнения коммуникативного действия (рисунок 3).

Вероятно, обнаруженное усиление корковых связей обусловлено передачей сигналов из зрительной, слуховой и соматосенсорной зон коры в вентральную область премоторной коры [2] и близко расположенную к ней зону Брока, в которой, предположительно, находятся коммуникативные зеркальные нейроны [4].



В серии "Наблюдение-2", по сравнению с серией "Наблюдение-1" (рисунок 2 и 3), при подготовке и выполнении коммуникативного действия наблюдается значительное увеличение корковых связей между центральными и лобными, теменными, височными и затылочными зонами коры, что, вероятно, объясняется вовлечением в данную деятельность большего числа корковых нейронов.

Заклучение. Таким образом, выполнение когнитивной деятельности, связанной с наблюдением, произнесением и мысленным воспроизведением эмоционального и нейтрального слов, сопровождается:

- изменением спектральной мощности ЭЭГ на частотах мю-ритма, которое зависит от частоты ритма, латеральной организации мозга, а также от вида и этапа выполняемой деятельности;

- усилением корковых связей между центральными и лобными, центральными и височными, центральными и затылочными зонами коры, которое зависит от вида и этапа выполняемой деятельности, а также от эмоциональной значимости слова.

Полученные данные также свидетельствуют о том, что мю-ритм отражает активность коммуникативных зеркальных нейронов, что проявляется в депрессии этого ритма при наблюдении, произнесении и мысленном воспроизведении слов. Однако этот эффект зависит от частоты указанного ритма, вида и этапа выполняемой деятельности, и латеральной организации мозга.

<sup>1</sup>*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект № 18-013-00758).*

Литература:

1. Аликина М. А., Махин С. А., Павленко В. Б. Амплитудно-частотные, топографические, возрастные особенности и функциональное значение сенсомоторного ритма ЭЭГ// Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология и химия. 2016. Т. 2. № 2. С. 3-24.
2. Махин С. А. Система "зеркальных нейронов": актуальные достижения и перспективы ЭЭГ исследований// Ученые записки Таврического национального ун-та им. В. И. Вернадского. Биология и химия. 2012. Т. 25 (64). № 1. С. 142-146.
3. Риццолатти Дж., Синигалья К. Зеркала в мозге: О механизмах совместного действия и сопереживания. М. : Языки славянских культур, 2012. 208 с.
4. Buccino G., Lui F., Canessa N., Patteri I., Lagravinese G., Benuzzi F., Porro C. A., Rizzolatti G. Neural circuits involved in recognition of actions performed by non con-species: an fMRI study// Jurnal of Cognitive Neuroscience. 2004. 16. P. 114-126.
5. Chia-Yen Yang a , Jean Decety b , Shinyi Lee c , Chenyi Chen d , Yawei Cheng Gender differences in the mu rhythm during empathy for pain: An electroencephalographic study//Brainresearch. 2009. 1 2 5 1. P. 176-184.
6. Hannah M. Hobson and Dorothy V. M. Bishop Mu suppression e A good measure of the human mirror neuron system?// Cortex. 2016. 8 2. P. 2 9 0-3 1 0.
7. Jump up Skoyles, John R. Gesture Language Origins and Right Handedness// Psychology. 2000. Vol. 11. P. 24 -29.
8. Makhin S. A., Makaricheva A. A., Lutsyuk N. V., Cherny S. V. and Orekhova L. S. Interrelation between individual level of emotional intelligence and EEG sensomotor rhythm reactivity at the time of synchronized imitation of another person's movement// Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. 2013. 26(65). P. 121-126.
9. Muhammad Nabeel Anwar, Muhammad Samran Navid, Mushtaq Khan, Keiichi Kitajo A possible correlation between performance IQ, visuomotor adaptation ability and mu suppression//Brainresearch. 2015. 1 6 0 3. P. 8 4-9 3.
10. Anat Perry, Shlomo Bentin Mirror activity in the human brain while observing hand movements: A comparison between EEG desynchronization in the  $\mu$ -range and previous fMRI results//Brainresorch. 2009. 1 2 8 2 . P. 126-132.
11. Pfurtscheller G., Neuper C. and Krausz G., Functional dissociation of lower and upper frequency mu rhythms in relation to voluntary limb movement// Clin. Neurophysiol. 2000. 111. P. 1873-1876.

12. Yvonne Höller, Jürgen Bergmann, Martin Kronbichler, Julia Sophia Crone, Elisabeth Verena Schmid, Aljoscha Thomschewski, Kevin Butz, Verena Schütze, Peter Höller, Eugen Trinka Real movement vs. motor imagery in healthy subjects//International Journal of Psychophysiology. 2013. 87. P. 35-41.

STUDY CORRELATION AND SPECTRAL CHARACTERISTICS  
MU RHYTHM WHEN OBSERVING, SPEAKING AND MENTAL WORDS

Bushov Y. V., Svetlik M. V., Esipenko E. A.  
Russia, Tomsk  
Tomsk state University

Within aim to search for reliable markers for the activation of communicative mirror neurons, correlational and spectral characteristics of the mu-rhythm were studied in 32 young men aged 18 to 22 years with activities in the observation, pronunciation and mental pronunciation of emotional and neutral words .

In the first series ("Observation-1"), the subject watched the action of the operator, who silently articulated with lips only the word "Raz", when the stopwatch arrow crossed the divisions 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 and 55 seconds. In total, the stopwatch arrow made 5 revolutions. In the second series ("Pronunciation of the word-1"), the subject himself performed the specified activity, and in the third series ("Mental pronunciation of the word-1") - at the specified moments of time mentally pronounced the same word. In the fourth series "Observation-2", the subject watched the action of the operator, who at the indicated moments of time silently articulated only the lips with the word "Pain". In the fifth series ("Pronunciation of the word-2") at the specified times he himself pronounced the same word, and in the sixth series ("Mental pronunciation of the word-2" mentally reproduced the word.

Before the performance of the activity and during its implementation, the EEG was recorded with the Encephalan-131-03 encephalograph in the frontal, central, temporal, parietal and occipital leads using the "10-20%" system. To eliminate artifacts associated with eye movement and muscle activity, EOG and EMG of neck and forehead muscles were recorded. When processing the obtained data, the maximum values of cross correlation functions and spectral power estimates were calculated for short (1.5 s), artifacts-deprived, EEG recording intervals before 3 s and 1.5 s - until the stopwatch crossed the corresponding division and immediately after the specified event. The statistical significance of the differences was evaluated by the Wilcoxon test for paired samples.

The results of the study suggest that the mu-rhythm indicate the activity of communicative mirror neurons, which is manifested in the depression of this rhythm when observing, pronouncing and mentally pronouncing the words. However, this effect depends on the frequency of the indicated rhythm, type and stage of the performed activity, and lateral organization of the brain.

Keywords: communicative mirror neurons, pronunciation of words, mu-rhythm, cortical interactions.

*Статья поступила в редакцию 22.10.2018*

*Статья принята к публикации 26.10.2018*

**УДК: 615.099:616.89-008**

РЕАКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА НА ПРОСЛУШИВАНИЕ  
ЗВУКОВЫХ ФАЙЛОВ С БИНАУРАЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ

*Рабаданова А. И., Черкесова Д. У.*  
*Россия, Махачкала*  
*Дагестанский государственный университет*  
*phisiodgu@mail.ru, ashty06@mail.ru*