

ПОДАВЛЕНИЕ МЮ-РИТМА ЭЭГ ПРИ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЯ У БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ

Ж.В. Гарах¹, Ю.С. Зайцева², В.Ю. Новотоцкий-Власов¹,
О.Ю. Хаердинова¹, И.Я. Гурович²,
А.Б. Шмуклер², В.Б. Стрелец¹

¹*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,*
²*Московский научно-исследовательский институт психиатрии*

Мю-ритм ЭЭГ, колебания в полосе 8–13 Гц, отражает работу сенсомоторной коры. Большая амплитуда, синхронные мю-волны регистрируются в покое, десинхронизация волн (подавление мю-ритма) происходит, когда субъект выполняет двигательную активность [10, 23], наблюдает за движением другого [18] или воображает выполнение действия [22].

В связи с тем, что альфа- и мю-ритмы ЭЭГ регистрируются в одном и том же диапазоне частот (8–13 Гц), до настоящего времени не решена проблема их разграничения. У мю- и альфа-ритмов ЭЭГ различные мозговые источники. Альфа-ритм в первую очередь отражает визуальную обработку сигнала затылочной сетью, в то время как мю-ритм – обработку сенсомоторной информации в лобно-теменной сети. Исследователи обычно используют в качестве показателя, отражающего совершение, наблюдение или представление двигательного акта, смесь альфа- и мю- ритмов, регистрируемых в центральных отведениях, используя для анализа топографические особенности мю-ритма (центральные отведения) и такие экспериментальные парадигмы, когда испытуемый находится с открытыми глазами. Однако в этих условиях присутствует влияние зрительного пространственного внимания на процесс решения моторной задачи, что может отражаться в подавлении альфа-ритма. Обнаружено, что при выполнении моторной задачи с привлечением внимания подавление альфа-ритма в затылочных отведениях больше, чем мю-ритма в центральных [21]. Функциональные различия между модуляциями альфа и мю-ритмов в моторных задачах широко обсуждаются в настоящее время [9].

Предполагается, что подавление мю-ритма при моторной деятельности может считаться вероятностным индексом активности зеркальных нейронов [18]. Феноменология мю-ритма имеет заметное сходство с феноменологией активности зеркальных нейронов. Оба явления чувствительны к движению

и наблюдению осмысленных движений. Их частично совпадающие анатомические субстраты в сенсомоторных лобно-теменных сетях согласуются с предположением о том, что они играют роль в связи между восприятием и движением, которая может лежать в основе более высокоуровневых процессов [23]. Однако некоторые авторы обнаружили с использованием как ЭЭГ, так и методов магнитно-резонансной томографии (фМРТ), что подавление мю-ритма в центральных областях, скорее всего, отражает функционирование системы «зеркальных» нейронов, но не ограничивается ею [3], а также коррелирует с активностью других мозговых областей [17]. Методы нейровизуализации продемонстрировали сниженную активность зеркальных клеток при шизофрении и аутизме [8, 20 и др.].

При аутизме показан сниженный по сравнению с нормой уровень подавления мю-ритма при выполнении движений [15, 19]. Однако аналогичные работы при исследовании больных шизофренией малочисленны и противоречивы. В настоящее время существует лишь три таких исследования. У больных шизофренией с первым эпизодом обнаружено сниженное, по сравнению со здоровыми испытуемыми, подавление мю-ритма при наблюдении за движением [25], в работе [16] отмечено увеличенное подавление мю-ритма сенсомоторного кортекса левого полушария при исследовании эмпатии у пациентов в психотическом состоянии. В исследовании [11] отличий этого показателя у хронических больных в ремиссии от здоровых испытуемых не обнаружено.

До настоящего времени неисследованными остаются нейрофизиологические показатели моторного воображения у больных шизофренией. Моторное воображение является психическим состоянием, в котором человек мысленно представляет конкретный двигательный акт. Исследования на здоровых испытуемых с помощью методов

нейровизуализации показали общие закономерности мысленного моделирования действия и его реального воплощения [6]. Нейрофизиологические исследования моторного воображения могут помочь в изучении мозговых механизмов создания внутреннего представления и самоконтроля целенаправленного действия у больных шизофренией и вовлечения в эти функции системы «зеркальных» нейронов. Особенно важным представляется проведение такого исследования на начальных этапах болезни.

Цель настоящей работы – апробировать метод выделения мю-ритма из «смеси» с альфа-ритмом ЭЭГ и выявить сходства и различия характера изменений мю-ритма при представлении движения у больных шизофренией с первым приступом заболевания и здоровых испытуемых.

Материалы и методы

В исследовании принимали участие больные с диагнозом шизофрения, находящиеся на лечении в клинике первого эпизода болезни ФГБУ «Московский НИИ психиатрии» Минздрава России. Диагноз ставился по Международной классификации МКБ-10. Было обследовано 50 человек (28 муж. – 56% от общей группы, 22 жен. – 44%) в возрасте от 18 до 54 лет (средний возраст – 27,74±8,88 лет) в подостром психотическом состоянии. Уровень образования в среднем составлял 13,26±1,61 лет. Из 50-ти больных у 43-х человек диагностирована параноидная шизофрения (категория F20.0), у 6-ти – недифференцированная шизофрения (категория F20.3), у одного – кататоническая шизофрения (категория F20.2). Длительность заболевания у всех пациентов не более 2 лет. Выраженность психопатологической симптоматики оценивалась по шкале PANSS. Средний суммарный балл по шкале PANSS составил 81,69±14,09 (по шкале позитивных симптомов – 19,38±5,29, негативных симптомов – 18,75±5,25, общепатологических симптомов – 43,69±8,16). Все пациенты получали терапию атипичными антипсихотиками с момента поступления в клинику в течение 3–20-ти дней до ЭЭГ обследования, что является ограничением настоящего исследования. До поступления в клинику антипсихотическую терапию они не получали.

В качестве контрольной группы обследовано 77 здоровых испытуемых (43 муж. – 55,8%, 34 жен. – 44,2%) в возрасте от 17 до 57 лет (средний возраст – 27,09±8,06 года). Уровень образования в среднем составлял 13,97±2,07 лет.

В исследование отбирались, как в группу контроля, так и в группу больных, соматически здоровые правши. Статистически значимых различий по полу, возрасту и уровню образования между исследованными группами не обнаружено ($p > 0,05$). Все испытуемые давали письменное согласие на участие в исследовании.

ЭЭГ у всех испытуемых регистрировали в состоянии покоя (с закрытыми глазами), при открытых глазах и в процессе выполнения задачи на мысленное представление собственного движения (глаза закрыты). В инструкции испытуемому предлагалось представить, как он идет по хорошо знакомой дороге (в течение 2 минут). Регистрацию ЭЭГ при предъявлении теста проводили с последующим контролем полученных результатов в виде самоотчета испытуемого. Испытуемые во время записи ЭЭГ сидели в кресле в затемненной комнате.

Запись ЭЭГ проводили от 19 отведений, расположенных по международной схеме 10–20%: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2, Fz, Cz и Pz на установке, состоящей из 19-канального усилителя фирмы МБН (Москва) и персонального компьютера. Запись монополярная. Референтные электроды – ушные. ЭЭГ регистрировали в течение 120 с в каждом функциональном состоянии. При расчете спектральных показателей проводили усреднение данных анализа 10–15 эпох длительностью 5 с.

Для обнаружения и выделения мю-ритма по записи ЭЭГ испытуемых в условиях воображаемого движения нами был предложен метод и создана специальная программа [1]. Программа может применяться для определения характеристик (топографии и мощности) мю-ритма. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: выявление мю-ритма по характерной реакции на открывание глаз и выполнение воображаемого движения; определение топографии мю-ритма; пространственно-частотную фильтрацию ЭЭГ для выделения мю-ритма в чистом виде.

Для выделения мю-ритма ЭЭГ фильтровали в полосе 6–14 Гц и вычисляли разность ковариационных матриц ЭЭГ в состоянии с открытыми глазами и при воображении движения. Поскольку ковариации отражают не мощность, а энергию соответствующего состояния (их значения пропорциональны длительности записи), перед вычитанием каждая матрица нормировалась на соответствующую длину записи. Разностная матрица подвергалась факторному анализу, и исходные записи ЭЭГ раскладывались по полученным факторам. Далее проводилось сравнение спектров мощности факторов при открытых глазах и при воображении движения. В качестве мю-ритма из факторов выбирались те, для которых разность мощности при открытых глазах и при воображаемом движении максимальна. При этом учитывалась локализация максимума этой разности мощности – в центральных отведениях (C3, C4, Cz). В качестве альфа-ритма анализировалась суммарная активность в диапазоне частот 8–13 Гц без дополнительной обработки.

Анализировали показатели, определяющие отличия альфа- и мю-ритмов ЭЭГ: топографическое распределение спектральной мощности, пода-

вление альфа- и мю-ритма при открывании глаз. Исследование подавления мю-ритма при представлении собственного движения проводили для проекций сенсомоторной зоны – в областях С3, С4 и Сz и, дополнительно, во фронтальных отведениях F3, F4, Fz. Показатель подавления мю-ритма рассчитывался как разница спектральной мощности при представлении движения и в состоянии покоя в соответствующих корковых зонах. Для нормализации данных использовали натуральный логарифм спектральной мощности. Изменение спектральной мощности при представлении движения по сравнению с фоном для каждой группы отдельно анализировали с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок. Различия подавления мю-ритма между группами здоровых испытуемых и больных шизофренией анализировали с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок.

В работе использовался анализ коэффициента межполушарной асимметрии (КА) для отведений F3, F4, С3 и С4, вычисляемый по формуле:

$$КА = (Л - П) / (Л + П) \times 100\%$$

где Л и П – показатели спектральной мощности мю-ритма в симметричных точках левого и правого полушарий. Достоверность КА для каждой группы определяли с использованием непараметрического критерия Вилкоксона, межгрупповые различия – Колмогорова-Смирнова.

Статистическая обработка полученных спектральных показателей проводилась с помощью пакета программ STATISTICA 6.0.

Результаты

Сравнение топографических и спектральных характеристик альфа- и мю-ритмов ЭЭГ. Анализ спектральной мощности альфа-ритма в фоне (глаза закрыты), при открывании глаз и представлении движения (глаза закрыты) показал, что до обработки ЭЭГ методом пространственно-спектрального выделения мю-ритма, альфа-ритм имел максимум в теменно-затылочных областях, как у здоровых испытуемых, так и у больных шизофренией. Такая локализация не менялась и при функциональных пробах. После выделения мю-ритма, его максимум, в отличие от альфа-ритма, имел локализацию в центральных корковых областях (рис. 1).

В отведениях С3, С4, Сz у всех групп испытуемых наблюдалось достоверное снижение мощности альфа-ритма при открывании глаз по сравнению с фоном ($p < 0,001$). Снижение мю-ритма при открывании глаз по сравнению с фоном, в отличие от альфа-ритма, не достигало уровня значимости ни у здоровых испытуемых, ни у больных шизофренией (рис. 2).

Подавление мю-ритма при представлении собственного движения. Уменьшение спектральной мощности мю-ритма при представлении движения по сравнению с фоном было значимо выражено как у здоровых испытуемых в областях F3, Fz, С3, С4 и Сz ($p < 0,00001$), так и у больных шизофренией во всех исследованных корковых зонах ($p < 0,00001$). Степень подавления мю-ритма при представлении движения по сравнению с фоном не различалась у двух групп испытуемых во фронтальных областях (F3, F4, Fz) и в центральном отведении по средней линии (Сz). Однако, подавление мю-ритма было больше выражено у здоровых испытуемых по сравнению с больными шизофренией в левой

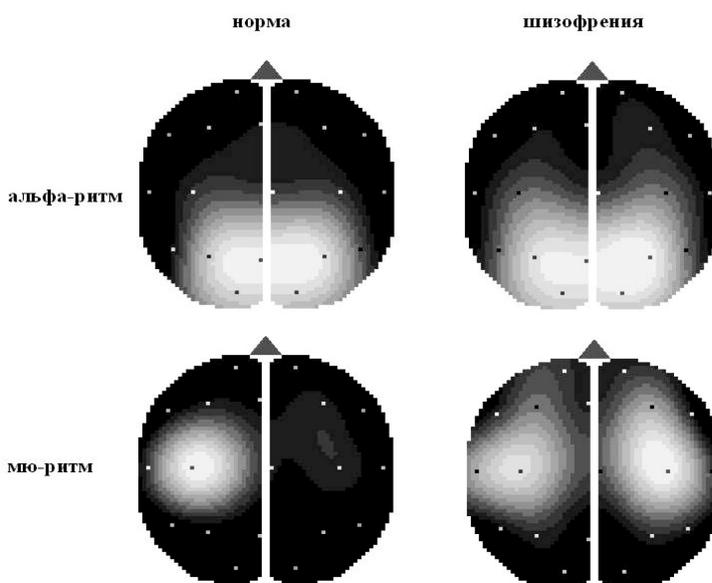


Рис. 1. Топографическое распределение альфа и мю-ритмов в состоянии спокойного бодрствования

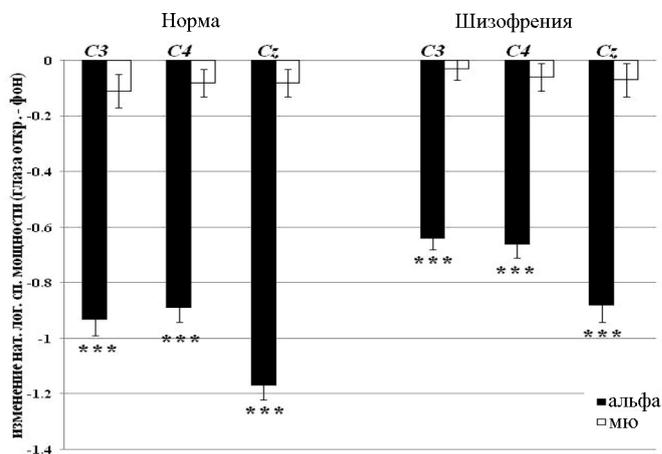


Рис. 2. Изменение альфа и мю-ритмов при открывании глаз по сравнению с фоном (глаза закрыты)
Примечания: *** – $p < 0,001$.

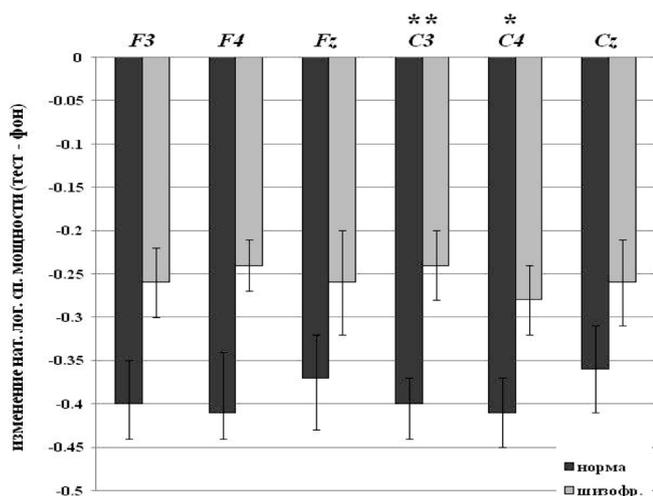


Рис. 3. Подавление мю-ритма при представлении движения по сравнению с фоном

Примечания: звездочками обозначены межгрупповые различия; * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$.

C3 $t(124) = -3,06^{**}$ и в правой C4 $t(125) = -2,28^*$ центральных корковых зонах (рис. 3).

Межполушарная асимметрия мю-ритма. Топографическое распределение мю-ритма было асимметрично у группы здоровых испытуемых, но не у больных шизофренией (рис. 1). Однако, для фронтальных отведений (F3, F4) не выявлено достоверной межполушарной асимметрии ни для одной из экспериментальных групп. КА был значим только у контрольной группы испытуемых в центральных корковых зонах (C3, C4) как в фоне, так и при представлении собственного движения. Мощность мю-ритма ЭЭГ у них была больше в левом полушарии по сравнению с симметричными областями правого ($p < 0,001$). У больных шизофренией межполушарной асимметрии мю-ритма в центральных корковых областях не обнаружено (таблица). Между двумя группами испытуемых КА достоверно различался в центральных отведениях (C3, C4) как в фоне, так и при представлении движения ($p < 0,01$, критерий Колмогорова-Смирнова).

Проверка асимметрии индекса подавления мю-ритма при моторном воображении в центральных и фронтальных областях не выявила достоверных различий у здоровых испытуемых: F3 vs F4 $t(76) = 0,129$, $p = 0,89$; C3 vs C4 $t(76) = 0,480$, $p = 0,63$. У больных шизофренией также подавление мю-ритма

Показатели коэффициента асимметрии мю-ритма (8–13 Гц) в норме и у больных шизофренией в фоне и при представлении движения

Отведения ЭЭГ	Фон		Тест	
	норма	пациенты	норма	пациенты
F3	-0,80	5,44	-4,56	4,02
C3	25,32***	-3,37	26,48***	-3,18

Примечания: *** – значимость различий между симметричными отведениями $p < 0,001$.

при представлении движения происходило симметрично в левом и правом полушарии: F3 vs F4 $t(49) = -0,773$, $p = 0,44$; C3 vs C4 $t(49) = 1,096$, $p = 0,28$.

Обсуждение

В настоящем исследовании решена проблема разграничения альфа и мю-ритмов. Проведено выделение мю-ритма по отсутствию реакции на открывание глаз и специфическому изменению при выполнении воображаемого движения с учетом его топографии. С помощью вышеуказанного метода мю-ритм удалось выделить у 90% всех испытуемых. В данной работе анализировались данные тех субъектов, у которых такое выделение прошло успешно. Доказательством адекватной работы метода послужили следующие результаты: до обработки программой альфа-ритм имел максимум в теменно-затылочных областях и у здоровых испытуемых, и у больных шизофренией, его локализация не менялась и при функциональных пробах; в интересующих нас корковых зонах (C3, C4, Cz) у всех групп испытуемых наблюдалось снижение мощности альфа-ритма преимущественно при открывании глаз по сравнению с фоном (глаза закрыты); после выделения мю-ритма, его максимум имел локализацию в центральных корковых областях, в отличие от альфа-ритма; у всех испытуемых происходило выраженное подавление мю-ритма при представлении собственного движения в уме, но не при открывании глаз.

В парадигмах исследования воображаемого движения до настоящего времени использовали лишь сравнение электрофизиологических показателей при реальном выполнении двигательного акта и воображаемом. Лишь в одной работе применяется сопоставление с состоянием покоя [12]. Авторы в своей работе отметили перспективность данного сопоставления. В нашем исследовании у здоровых испытуемых мощность мю-ритма ЭЭГ в фоне и при представлении движения была больше в центральных областях левого полушария, тогда как у больных шизофренией межполушарной асимметрии этого ритма не выявлено. Отсутствие асимметрии мю-ритма ЭЭГ скорее всего не является специфичным маркером шизофрении, так как наблюдаются у детей с аутизмом [26], у пациентов с синдромом Дауна и при эпилепсии [14]. Асимметричное левостороннее распределение мю-ритма у здоровых испытуемых правой рукой может быть связано с повышенным нисходящим контролем над сенсомоторными зонами левого полушария, в то время как отсутствие асимметрии – с нарушением такого контроля [2].

Анализ индекса подавления мю-ритма при воображаемом движении по сравнению с состоянием покоя показал, что и у здоровых испытуемых, и у больных шизофренией с первым эпизодом с высоким уровнем значимости происходит снижение его мощности во фронтальных и центральных корковых зонах. Однако степень подавления мю-ритма у здоровых была

больше, чем у больных шизофренией в центральных областях левого и правого полушарий. Пониженный индекс подавления мю-ритма у больных может быть связан с дисфункцией теменной коры, играющей заметную роль в двигательном контроле и моторном воображении [5], а также в создании внутренних моделей целенаправленных движений [4]. Снижение реактивности мю-ритма может быть отражением нарушения функционирования системы «зеркальных» нейронов. Исследования функций зеркальных нейронов при шизофрении с использованием различных методов нейровизуализации показали, что у больных шизофренией наблюдается снижение их активности [7], что может также ассоциироваться со сниженной способностью различать действия себя и других [24] или сопереживать [27]. Наши данные также согласуются с поведенческим экспериментом, в котором авторы анализировали представление в уме собственной ходьбы. У больных шизофренией медленнее, чем у здоровых, создавался внутренний образ своей походки, что может свидетельствовать о нарушении у них исполнительных функций, в частности за счет большей чувствительности к внешним помехам [13].

В трех работах по исследованию реактивности мю-ритма у больных шизофренией были получены разные результаты, что может быть связано с различными экспериментальными условиями и стадией болезни. Так, в работе [25] при просмотре видеоролика с движением руки не было обнаружено отличий от нормы показателя подавления мю-ритма, тогда как при просмотре биологического движения реактивность мю-ритма была снижена. Интересно отметить, что в этом эксперименте видео биологического движения было создано с помощью световых точек с эффектом повторяющегося движения тела, такого как прогулка человека или прыжки. Данная работа согласуется с полученными в нашем исследовании результатами.

В двух других исследованиях испытуемыми были хронические больные шизофренией, и результаты были получены другие. У хронических больных шизофренией в ремиссии со средним уровнем психопатологических симптомов не обнаружено отличий от

нормы индекса подавления мю-ритма при просмотре видеороликов со сценами различных социальных взаимодействий [11]. L.M. McCormick и соавт. [16] при исследовании подавления мю-ритма у хронических больных в остром психотическом состоянии обнаружили повышенную реактивность этого показателя по сравнению со здоровыми испытуемыми при наблюдении за движением руки экспериментатора. Необходимо также отметить малочисленность группы больных в этом исследовании (8 чел.).

Таким образом, сниженная реактивность мю-ритма может быть характерна только для первого этапа болезни. Однако, исследования подавления мю-ритма при выполнении, наблюдении или воображении движения у больных шизофренией в настоящее время малочисленны и их результаты еще предстоит объяснить. Необходим дальнейший анализ с учетом клинических особенностей при различных вариантах шизофрении.

Выводы

1. Мю-ритм ЭЭГ человека адекватно выделяется с помощью авторской программы для ЭВМ №2012618160 «Пространственно-спектральное выделение μ -ритма электроэнцефалограммы человека», что подтверждается топографическим распределением максимума его активности, регистрируемого над сенсомоторными корковыми областями, и отсутствием эффекта «альфа-блокады» при открытии глаз.

2. У больных шизофренией с первым приступом показатель подавления мю-ритма при представлении в уме собственного движения снижен по сравнению со здоровыми испытуемыми, что может отражать в том числе дисфункцию системы «зеркальных» нейронов.

3. У здоровых испытуемых преобладает левополушарная асимметрия мю-ритма как в фоне, так и при моторном воображении, что может быть связано с повышенным нисходящим контролем над сенсомоторными зонами левого полушария у правшей, в то время как отсутствие асимметрии, обнаруженное у больных шизофренией – с нарушением такого контроля.

Работа поддержана Российским гуманитарным научным фондом, грант № 14-06-00304а, и Программой Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине».

ЛИТЕРАТУРА

1. Новотоцкий-Власов В.Ю., Гарах Ж.В., Зайцева Ю.С., Гурович И.Я., Стрелец В.Б. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618160 «Пространственно-спектральное выделение μ -ритма электроэнцефалограммы человека», 2012.
2. Billeci L., Sicca F., Maharatna K. et al. On the application of quantitative EEG for characterizing autistic brain: a systematic review // Front. Hum. Neurosci. 2013. 7(442). doi: 10.3389/fnhum.2013.00442
3. Braadbaart L., Williams J.H.G., Waiter G.D. Do mirror neuron areas mediate mu rhythm suppression during imitation and action observation? // Int. J. Psychophysiol. 2013. Vol. 89. P. 99–105.
4. Danckert J., Ferber S., Doherty T. et al. Selective, non-lateralized impairment of motor imagery following right parietal damage // Neurocase. 2002. Vol. 8. P. 194–204.
5. Danckert J., Saoud M., Maruff P. Attention, motor control and motor imagery in schizophrenia: implications for the role of the parietal cortex // Schizophr. Res. 2004. Vol. 70, N 2–3. P. 241–261.
6. Decety J., Perani D., Jeannerod M. et al. Mapping motor representation with positron emission tomography // Nature. 1994. Vol. 371. P. 600–602.
7. Enticott P.G., Hoy K.E., Herring S.E. et al. Reduced motor facilitation

- during action observation in schizophrenia: a mirror neuron deficit? // *Schizophr. Res.* 2008. Vol. 102, N 1–3. P. 116–121.
8. Enticott P.G., Kennedy H.A., Rinehart N.J. et al. Mirror Neuron Activity Associated with Social Impairments but not Age in Autism Spectrum Disorder // *Biol. Psychiatry*. 2012. Vol. 71. P. 427–433.
 9. Frenkel-Toledo S., Bentin S., Perry A. et al. Dynamics of the EEG power in the frequency and spatial domains during observation and execution of manual movements // *Brain Res.* 2013. Vol. 1509. P. 43–57.
 10. Gastaut H. Etude electrocorticographique de al reactive des rythmes rolandique // *Rev Neurol.* 1952. Vol. 87. P. 176–182.
 11. Horan W.P., Jaime A., Pineda J.A. et al. Some markers of mirroring appear intact in schizophrenia: evidence from mu suppression // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2014. DOI 10.3758/s13415-013-0245-8
 12. Höller Y., Bergmann J., Kronbichler M. et al. Real movement vs. motor imagery in healthy subjects // *Int. J. Psychophysiol.* 2013. Vol. 87. P. 35–41.
 13. Lallart E., Jouvent R., Herrmann F.R. et al. Gait and motor imaginary of gait in early schizophrenia // *Psychiatry Res.* 2012. Vol. 198, N 3. P. 366–370.
 14. Lewin J., Kohen D., Mathew G. Handedness in mental handicap – investigation into populations of Down-syndrome, epilepsy and autism // *Br. J. Psychiatry*. 1993. Vol. 163. P. 674–676.
 15. Martineau J., Cochin S., Magne R., Barthelemy C. Impaired cortical activation in autistic children: is the mirror neuron system involved? // *Int. J. Psychophysiol.* 2008. Vol. 68. P. 35–40.
 16. McCormick L.M., Brumm M.C., Beadle J.N. et al. Mirror neuron function, psychosis, and empathy in schizophrenia // *Psychiatry Res.* 2012. Vol. 201, N 3. P. 233–239.
 17. Mizuhara H., Inui T. «Is mu rhythm an index of the human mirror neuron system? A study of simultaneous fMRI and EEG» // *Advances in Cognitive Neurodynamics (II)* (Berlin: Springer). 2011. P. 123–127.
 18. Muthukumaraswamy S.D., Johnson B.W., McNair N.A. Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp // *Brain Research. Cognitive Brain Research*. 2004. Vol. 19. P. 195–201.
 19. Oberman L.M., Ramachandran V.S. Preliminary evidence for deficits in multisensory integration in autism spectrum disorders: The mirror neuron hypothesis // *Soc. Neurosci.* 2008. Vol. 3, N 3–4. P. 348–355.
 20. Park I.H., Ku J., Lee H. et al. Disrupted theory of mind network processing in response to idea of reference evocation in schizophrenia // *Acta Psychiatr. Scand.* 2011. Vol. 123. P. 43–54.
 21. Perry A., Stein L., Bentin S. Motor and attentional mechanisms involved in social interaction – evidence from mu and alpha EEG suppression // *Neuroimage*. 2011. Vol. 58, N 3. P. 895–904.
 22. Pfurtscheller G., Brunner C., Schlogl A., Lopes da Silva F.H. Mu rhythm (de)synchronization and EEG single-trial classification of different motor imagery tasks // *NeuroImage*. 2006. Vol. 31. P. 153–159.
 23. Pineda J. The functional significance of mu rhythms: translating «seeing» and «hearing» into «doing» // *Brain Res. Rev.* 2005. Vol. 50. P. 57–68.
 24. Schurmann M., Jarvelainen J., Avikainen S. et al. Manifest disease and motor cortex reactivity in twins discordant for schizophrenia // *Br. J. Psychiatry*. 2007. Vol. 191. P. 178–179.
 25. Singh F., Pineda J., Cadenhead K.S. Association of impaired EEG mu wave suppression, negative symptoms and social functioning in biological motion processing in first episode of psychosis // *Schizophr. Res.* 2011. Vol. 130, N 1–3. P. 182–186.
 26. Stroganova T.A., Nygren G., Tsetlin M.M. et al. Abnormal EEG lateralization in boys with autism // *Clin. Neurophys.* 2007. Vol. 118. P. 1842–1854.
 27. Varcin K.J., Bailey P.E., Henry J.D. Empathic deficits in schizophrenia: the potential role of rapid facial mimicry // *J. Int. Neuropsychol. Soci.* 2010. Vol. 16. P. 621–629.

ПОДАВЛЕНИЕ МЮ-РИТМА ЭЭГ ПРИ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЯ У БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ

Ж.В. Гарах, Ю.С. Зайцева, В.Ю. Новотоцкий-Власов, О.Ю. Хаердинова,
И.Я. Гурович, А.Б. Шмуклер, В.Б. Стрелец

Цель исследования – апробация способа выделения мю-ритма из «смеси» с альфа-ритмом ЭЭГ и определение электрофизиологических особенностей характера изменений μ -ритма при представлении движения у больных шизофренией с первым приступом заболевания и здоровых испытуемых.

В исследовании принимали участие больные с диагнозом шизофрения ($n=50$) и сопоставимая по полу, возрасту и уровню образования группа здоровых испытуемых ($n=77$). В связи с тем, что альфа- и мю- ритмы ЭЭГ измеряются в одном и том же диапазоне частот (8–13 Гц), в работе проведена апробация программы выделения мю-ритма с использованием факторного анализа. У всех испытуемых при открывании глаз по сравнению с состоянием спокойного бодрствования достоверно снижается спектральная мощность альфа-ритма ЭЭГ ($p<0,001$), но не мю-ритма ($p>0,1$). У всех испытуемых альфа-ритм имел максимум мощности в теменных и затылочных областях во всех экспериментальных условиях, тогда как мю-ритм – в центральных.

И у здоровых испытуемых, и у больных шизофренией отмечалось выраженное подавление мю-ритма при представлении собственного

движения в уме ($p<0,00001$). Однако, подавление мю-ритма при представлении в уме движения у больных выражено достоверно меньше, чем у здоровых испытуемых, в левой и правой центральных корковых зонах ($p<0,05$). По показателю межполушарной асимметрии у здоровых испытуемых мощность мю-ритма ЭЭГ в фоне и во всех функциональных пробах была больше в левом полушарии ($p<0,001$), тогда как у больных шизофренией достоверных значений коэффициента асимметрии не обнаружено.

Таким образом, у больных шизофренией с первым приступом подавление мю-ритма при представлении в уме движения снижено по сравнению со здоровыми испытуемыми, что может отражать, в том числе, дисфункцию системы «зеркальных» нейронов. Левополушарная асимметрия мю-ритма у здоровых испытуемых может быть связана с повышенным нисходящим контролем над сенсорными зонами левого полушария у правшей, в то время как отсутствие асимметрии, обнаруженное у больных шизофренией – с нарушением такого контроля.

Ключевые слова: шизофрения, первый психотический эпизод, альфа-ритм, мю-ритм ЭЭГ, моторное воображение.

SUPPRESSION OF MU-WAVES IN EEG RECORDINGS OF SCHIZOPHRENIC PATIENTS WHILE IMAGINING MOVEMENT

J.V. Garakh., Yu.S. Zaitseva, V.Yu. Novototsky-Vlasov, O.Yu. Khayerdinova,
I.Ya. Gurovich, A.B. Shmukler, V.B. Strelets

Goal: Exploring the method for μ -rhythm identification in the 'mixture' with alpha rhythm and investigation of changes of μ -wave characteristics in EEG recordings of patients with first schizophrenic episode and in healthy controls while imagining movement.

Material: 50 patients diagnosed as schizophrenia and a group of 77 healthy controls matched on sex, age and education parameters. As alpha- and μ -waves belong to the same frequency range (8–13 Hz), the authors test the program for identification of μ -rhythm with the help of factor analysis. In all the participants the alpha activity significantly reduces ($p<0,001$) while opening their eyes, as compared to a quiet wakefulness condition, but it does not concern the μ -wave ($p>0,1$). In all the participants and in all experimental conditions, the maximum alpha-wave activity was recorded in parietal and occipital areas while the maximum μ -wave was found in central areas.

Both healthy controls and schizophrenic patients showed pronounced suppression of μ -wave while imagining movement ($p<0,00001$). However, this μ -wave suppression while imagining movements was less significant

in the left and right cortical areas of schizophrenic patients compared to the healthy controls ($p<0,05$). With regard for interhemispheric brain asymmetry parameter, in healthy controls, the μ -rhythm in the background EEG and in all functional tests was more pronounced in the left hemisphere ($p<0,001$), while in schizophrenic patients the asymmetry coefficient did not show any significant values.

In schizophrenic patients with the first episode of the disease the μ -rhythm suppression while imagining movement is reduced in comparison with healthy controls, and that could among others reflect the dysfunction of the 'mirror' neurons system. The left-hemisphere μ -rhythm asymmetry in healthy controls can be associated with increased descending control over sensorimotor left-hemisphere cortex in right-handed people, while the absence of this asymmetry found in schizophrenic patients could indicate the impairment of this control.

Key words: schizophrenia, first psychotic episode, alpha-rhythm, EEG μ -rhythm, imagining movement.

Гарак Жанна Валерьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории психофизиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН; e-mail: garakh@yandex.ru

Зайцева Юлия Станиславовна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела внебольничной психиатрии и организации психиатрической помощи ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт психиатрии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: cirrata@googlemail.com

Новотоцкий-Власов Владимир Юрьевич – младший научный сотрудник лаборатории психофизиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН; e-mail: vnovot@mail.ru

Хаердинова Ольга Юрьевна – старший лаборант лаборатории психофизиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН; e-mail: lagynesu@gmail.ru

Гурович Исаак Яковлевич – профессор, доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе, руководитель отдела внебольничной психиатрии и организации психиатрической помощи ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт психиатрии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: prof.gurovich@gmail.com

Шмуклер Александр Борисович – профессор, доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела внебольничной психиатрии и организации психиатрической помощи ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт психиатрии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: ashmukler@yandex.ru

Стрелец Валерия Борисовна – профессор, доктор медицинских наук, руководитель лаборатории психофизиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН; e-mail: strelets@aha.ru