

УДК 612.82:616.89-008.454

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ДЕПРЕССИВНЫХ РАССТРОЙСТВ (обзор литературы)

© 2017 г. И. С. Кожевникова, А. В. Грибанов, М. Н. Панков, Л. Ф. Старцева, *Е. В. Тихонова

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,

*Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

В статье представлен обзор исследований, посвященных нейрофизиологическим характеристикам депрессивных расстройств. В основе данных расстройств лежит сложное взаимодействие социальных, психологических и биологических факторов. Заболеваемость во всех возрастных группах составляет от 3 до 17 %. Высокая частота встречаемости депрессивных расстройств, сложное течение, тенденция к хронизации, а также резистентность к медикаментозному лечению обуславливают необходимость подробного изучения этих состояний. В обзоре отражена важность анализа электроэнцефалографии (ЭЭГ). Патологические ЭЭГ-признаки выявляются у 70–80 % депрессивных больных. Благодаря современным методам математического анализа и обработки электроэнцефалографических данных увеличивается диагностическая и научно-исследовательская значимость метода. Математический анализ ЭЭГ даёт более подробную информацию о функциональном состоянии головного мозга, расширяет понимание механизмов взаимодействия различных областей мозга, увеличивает возможности диагностики и позволяет выдвинуть новые задачи в области изучения деятельности головного мозга. Клинические особенности депрессивных расстройств находят своё отражение в синхронной генерации электрических сигналов в зависимости от этиологической принадлежности депрессивного симптомокомплекса и доминирования в структуре депрессивного расстройства того или иного аффекта. Использование современных методов визуализационных исследований (однофотонная эмиссионная компьютерная томография, позитронно-эмиссионная томография и магнитно-резонансная томография) также позволяют выявлять функциональные взаимосвязи в сложном взаимодействии различных областей мозга, характерные для депрессивных состояний.

Ключевые слова: депрессия, электроэнцефалография, современные методы визуализации

NEUROPHYSIOLOGICAL CORRELATES OF DEPRESSIVE DISORDERS (Literature Review)

I. S. Kozhevnikova, A. V. Griбанov, M. N. Pankov, L. F. Startseva, *E. V. Tikhonova

Institute of Biological and Medical Research, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,
Arkhangelsk, *Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

The article presents a studies review of the neurophysiological characteristics of depressive disorders. At the bottom for these disorders lies a complex interaction of social, psychological and biological factors. The incidence in all age groups ranging from 3 to 17%. The high incidence of depressive disorders, complex course, tendency to chronicity, and resistance to medical treatment necessitate a detailed study of these states. The paper reflects the importance of electroencephalography (EEG). Pathological EEG signs are detected in 70-80 % of depressed patients. Thanks to modern methods of mathematical analysis and processing of electroencephalographic data diagnostic and research significance of this method increases. Mathematical analysis of the EEG gives more detailed information about the functional state of the brain, expands the understanding of the mechanisms of interaction between different areas of the brain, which increases the possibilities of diagnostics and allows putting forward new tasks in the study of the brain activity. Clinical features of depressive disorders are reflected in the synchronous generation of electrical signals depending on the etiological belonging of depressive symptom and domination in the structure of depressive disorder of one or another affect. The use of modern methods of imaging studies (single photon emission computed tomography, positron emission tomography and magnetic resonance imaging) also allows to identify the functional relationship of the complex interaction of different brain regions characteristic of depressive states.

Keywords: depression, EEG, modern imaging techniques

Библиографическая ссылка:

Кожевникова И. С., Грибанов А. В., Панков М. Н., Старцева Л. Ф., Тихонова Е. В. Нейрофизиологические корреляты депрессивных расстройств (обзор литературы) // Экология человека. 2017. № 12. С. 26–32.

Kozhevnikova I. S., Griбанov A. V., Pankov M. N., Startseva L. F., Tikhonova E. V. Neurophysiological Correlates of Depressive Disorders (Literature Review). *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 12, pp. 26-32.

По данным Всемирной организации здравоохранения на февраль 2017 года, депрессией страдает более 300 миллионов человек по всему миру. Проллеживается явная тенденция к неуклонному росту числа заболевших, что связано со сложным взаимодействием социальных, психологических и биологических факторов, лежащих в основе депрессии [16].

Заболеваемость во всех возрастных группах населения, по данным разных авторов, составляет от 3 до 17 % [36], а риск развития депрессии в течение жизни достигает 16–17 % [8]. Стоит отметить, что часто депрессии сопровождаются нарушениями не только эмоциональных, но и вегетативных, двигательных и ряда когнитивных функций, что ведет к снижению

работоспособности (вплоть до инвалидизации), профессиональной и социальной дезадаптации пациентов, а также имеет неблагоприятные социально-психологические и экономические последствия [10].

Общепринято деление депрессий на две основные группы — эндогенную и психогенную (ряд авторов выделяют также соматогенную). В главе Международной классификации болезней, посвященной аффективным расстройствам, выделяются: депрессивный эпизод в рамках биполярного аффективного расстройства и хронических аффективных расстройств, собственно депрессивный эпизод, рекуррентное депрессивное расстройство, а также описываются депрессивные реакции на стресс, постнатальная депрессия, депрессивные расстройства детского и подросткового возраста, органические депрессии.

Широкая распространенность депрессивных расстройств, тяжелое течение заболевания, тенденция к хронизации, а также резистентность к медикаментозному лечению обуславливают важность изучения депрессивных расстройств, особенно их патогенетических основ [4, 7, 17].

В последние годы значительно возрос объем электроэнцефалографических исследований в области психических заболеваний. Эта новая и важная роль электроэнцефалографии (ЭЭГ) не могла быть реализована без использования количественных компьютерных методов обработки, анализа и представления данных [5, 18]. Внедрение этих методов в методики ЭЭГ привело к появлению принципиально нового аппаратно-методического подхода — компьютерной ЭЭГ, что выводит исследование и анализ ЭЭГ на принципиально новый уровень и позволяет проводить автоматический математический анализ ЭЭГ. Математический анализ ЭЭГ дает более полную информацию о функциональном состоянии мозга, углубляет понимание его деятельности, расширяет возможности диагностики и позволяет выдвинуть новые задачи изучения его деятельности. Для выявления нарушений психической деятельности при различных заболеваниях центральной нервной системы запись и анализ электрической активности мозга является одним из основных диагностических инструментов. Благодаря появлению компьютерной техники оценка параметров ЭЭГ стала объективной, а скорость обработки сигнала резко возросла [19]. Так, за сравнительно небольшой промежуток времени было опубликовано множество исследований, доказывающих информативность ЭЭГ при целом ряде психических заболеваний [1–3, 6, 9, 12–15, 22–24, 31, 44].

Интерес к регистрации электрической активности мозга при депрессивных расстройствах существует достаточно давно. Так, например, первые исследования ЭЭГ-маркеров аффективных расстройств проводились уже в 40-е годы XX века, и их результаты выявили неожиданно большое количество отклонений показателей ЭЭГ у депрессивных пациентов. Обобщенные литературные данные свидетельствуют, что даже при «рутинном» визуальном анализе ЭЭГ патологические знаки выявляются у 20–40 % больных депрессией.

Применение современных методов математического анализа и обработки данных еще больше увеличивает диагностическую и научно-исследовательскую значимость ЭЭГ метода [11].

Американская академия неврологии рекомендовала математический анализ ЭЭГ в качестве дополнительного дифференциально-диагностического инструмента при депрессии. По данным Американской нейропсихиатрической ассоциации, чувствительность данных количественного анализа ЭЭГ для выявления депрессий составляет 72–93 %, а специфичность данных 75–88 % [46].

Точность классификации эмоциональных реакций согласно их валентности на основе энцефалографических данных составляет порядка 80 % [27]. При каждом эмоциональном состоянии выявлены пространственно-временные паттерны электрических потенциалов мозга [28, 34, 39]. Многие исследователи связывают изменения медленной ритмики с оценкой эмоциональной значимости стимулов, а бета- и гамма-ритмы — с силой эмоции и ее валентностью [25, 26, 38].

К ЭЭГ-маркерам эмоций отрицательного спектра часто относят фронтальную асимметрию альфа-мощности и регионально-специфичные изменения мощности в медленных и бета-диапазонах [35]. Так, в одних исследованиях у депрессивных пациентов отмечается рост альфа-активности [30, 32], в других характерным для депрессии считают избыток бета-активности [33, 37, 42, 45].

Медленноволновая активность может возрастать в теменно-затылочных отведениях или в правом полушарии с одновременным снижением альфа-активности в этих же областях мозга, по мнению некоторых авторов [32, 37]. Другие авторы в качестве характеристики, определяющей депрессивных больных, называют повышение плотности диполей дельта-волн в правом затылочном регионе [29]. Еще ряд исследователей указывают на минимальные отличия по медленноволновой активности у депрессивных пациентов по сравнению с нормой либо отмечают недостаток дельта- и тета-мощности в лобных отделах [33].

Показано наличие нескольких типов изменений ЭЭГ при депрессивных расстройствах различного генеза: для большой депрессии характерны повышенные значения индексов альфа-ритма, для дистимических расстройств — десинхронизация ЭЭГ, а для аффективных расстройств органической природы — необычность общей картины ЭЭГ. Особенности бета-активности позволяют выявлять униполярных и биполярных пациентов. Для униполярных больных характерны недостаток альфа-волн и избыток бета-волн, а для биполярных — наоборот. Избыток медленноволновой активности характерен для органических депрессий [11].

Независимо от симптомокомплекса гиперинтегративные изменения относительно нормы обнаружены между затылочными областями у всех пациентов с

депрессивными расстройствами, что, вероятно, отражает включение компенсаторных механизмов. Также, вне зависимости от этиологической принадлежности депрессивных расстройств, акцент изменений кортикальной нейродинамики выявлен в правой гемисфере, что свидетельствует о большей чувствительности к патопластическим влияниям правополушарных структур [15].

Между острыми депрессивными больными и больными в ремиссии существуют различия по мощности альфа- и тета-ритмов во фронтальных отведениях, которая выше во время приступа [11].

Ряд исследователей [2, 6, 7, 16, 20] связывают особенности изменения ЭЭГ с доминированием различных аффектов. Если в структуре депрессивного расстройства преобладает тревожный аффект, на ЭЭГ отмечается пространственно синхронизированная альфа-активность высокой амплитуды, при этом на спектре мощности распространенный альфа-пик с высокими показателями мощности во всех отведениях с невысоким переднезадним градиентом. При депрессии с чувством тоски и апатическими симптомами максимальные показатели альфа-активности регистрируются в лобно-центральных областях с асимметричным альфа-пиком этой же частоты в височных отделах с существенным угасанием истинного альфа-ритма в затылочных отведениях. Чем выше мощность в передних отделах, тем сильнее выражен апато-депрессивный синдром и чувство тоски. При преобладании в клинической картине астенических симптомов на спектрограмме мощности регистрируется одномодальный альфа-пик с максимумом в теменно-затылочных отведениях и распространенностью в передние и височные отделы. Депрессивные расстройства смешанной природы, сочетающие в себе аффект тревоги и апатическую симптоматику с фобическим компонентом, сопровождаются преобладанием альфа-активности на ЭЭГ в теменно-затылочной области. На графиках спектра мощности присутствует двухмодальность альфа-ритма с шагом не менее 2 Гц. В теменно-затылочных областях регистрируется пик обычно 10–11 Гц и второй пик — меньшей частоты (7–8 Гц) с преимущественной проекционной зоной в лобно-центральные и височные отделы.

Показатели когерентности значимо коррелируют с выраженностью аффективных расстройств. Данные литературы свидетельствуют о снижении межполушарной когерентности при депрессиях относительно нормы в отсутствие лечения и когнитивной нагрузки. У страдающих депрессией мужчин найдено снижение показателей межполушарной когерентности в дельта-, тета-, альфа- и бета-диапазонах. У женщин зафиксирован более сложный паттерн аномалий межполушарной когерентности, показатели альфа-когерентности, которые имели тенденцию к повышению относительно нормы в лобно-височных регионах, к понижению в височно-теменных и не отличались от контроля в задних отделах. У депрессивных пациентов отмечается снижение меж- и внутриполушарной бета-когерент-

ности во фронтальных отделах как в состоянии покоя, так и при выполнении арифметической задачи. При предъявлении больным депрессиями изображений лиц различной эмоциональной модальности у них выявлено снижение внутриполушарной когерентности во фронтальных областях для всех базовых ритмов ЭЭГ, а внутриполушарная когерентность на бета-частоте коррелировала с обработкой эмоциональной информации. S. Brassen и соавт. [14] показали, что снижение когерентности в лобно-височных отделах характеризует пожилых людей с симптомами депрессии и легкой когнитивной дисфункцией. Нарушения когерентных связей при невротической депрессии включают в себя снижение взаимодействия структур передних регионов коры, общий паттерн связей зависит от наличия симптомов тревоги и астении. В группе пациентов с преобладанием депрессивного синдрома без выраженных астенических и тревожных проявлений выявлено снижение по сравнению с нормой межрегиональных связей во фронтальных отделах правого полушария и их повышение в левом полушарии. При наличии в структуре депрессии симптомов тревоги или астении наблюдалось значительное понижение уровня межрегиональных взаимодействий биопотенциалов в лобных отделах коры обоих полушарий при одновременном повышении по сравнению с нормой уровня дистантных связей задневисочных, теменных и затылочных отделов. [6]. Исследование когерентности ЭЭГ при постнатальной депрессии выявило сниженную межполушарную когерентность медленных ритмов ЭЭГ во фронтальных и центральных отведениях [1].

Выявлена связь особенностей ЭЭГ и циркадных ритмов у больных депрессией. Так, Т. С. Мельникова и соавт. [13] при исследовании больных эндогенной депрессией выяснили, что как в утренние, так и в вечерние часы записи ЭЭГ больных характеризовались переходом модального значения ведущего ритма в более низкий частотный диапазон — 9–10 Гц (против 10–11 Гц у здоровых испытуемых). Спектральная мощность альфа-ритма в утренние часы оказалась выше, чем вечером, особенно в затылочных корковых зонах. Утром межполушарные различия в затылочных областях мощности альфа-ритма были нивелированы, а в вечерние часы наблюдалась нормализация межполушарного баланса с более высокими значениями мощности альфа-ритма в правой затылочной зоне. У пациентов с эндогенной депрессией при сравнительном анализе средних значений величины когерентности альфа-ритма по отдельным корковым зонам в утренние часы по сравнению с вечерними записями выявлены более высокие значения когерентности в теменно-центральных областях обоих полушарий, а также в передне- и средневисочных зонах справа. В затылочных и задневисочных областях показатели когерентности, фиксируемые в утренние часы, ниже, чем фиксируемые в вечернее время. Как в утренние часы, так и в вечерние средняя когерентность альфа-ритма правой гемисферы была выше левой.

Изучение реакции на стресс-тест (угроза болевой

стимуляции) у больных депрессивными расстройствами на протяжении дня выявил, что разность показателей ЭЭГ при проведении теста и показателей фоновой записи ЭЭГ, усредненных по всем корковым зонам как в утренние, так и в вечерние часы, имела положительные значения. Это отражает генерализованное усиление функциональной активности корковых зон обоих полушарий. Наиболее высокие показатели разности отмечались в левом полушарии в утренние часы, наименьшие — в правом полушарии в вечернее время. Реакция на стрессовую ситуацию со стороны левого полушария утром и вечером различна: утром повышается функциональная активность в височных отделах — переднем, средне- и задневисочном, слабее — в центральной и затылочной областях; вечером имеет место диффузное повышение функциональной активности [12].

На основе сравнительного изучения ЭЭГ больных маниакально-депрессивным психозом и приступообразной шизофренией показано, что депрессивные состояния имеют различное электрографическое выражение в зависимости от структурной сложности синдрома [10]. При исследовании больных маниакально-депрессивным психозом установлена связь десинхронизированной ЭЭГ с состоянием тревоги, синхронизированного альфа-ритма и слабой реактивности — с депрессивным состоянием без тревоги [15].

Также предпринималась попытка выявить соответствие результатов, полученных при вычислении энтропии и информационной насыщенности ЭЭГ, у больных депрессией с суицидальными проявлениями и без таковых. У пациентов с депрессивным синдромом и переживанием безысходности падала способность к переработке информации в префронтальной коре, доля же информационной насыщенности затылочных отделов значимо увеличивалась. У больных депрессией без суицидальных тенденций в ответ на эмоционально нейтральный стимул наблюдалось общее повышение активности переработки информации по всем корковым зонам с акцентом в передних и средних височных корковых зонах, а также затылочных отделах справа. На эмоционально позитивную стимуляцию отмечался прирост информационной насыщенности в передних и средних височных корковых зонах с акцентом слева. На негативный стимул выявлялись сходные изменения, однако они были менее выражены. Наблюдаемое в этой группе снижение активности префронтальной коры не достигало достоверных величин и наблюдалось, в отличие от практически здоровых лиц, как на позитивную, так и на негативную стимуляцию. Подобные явления наблюдаются и при предъявлении эмоциональных стимулов пациентам с суицидальными идеями. Причем падение информационной насыщенности передних корковых зон при предъявлении эмоционально-нейтрального стимула было более значимо, чем при позитивной и негативной стимуляции, и достигало достоверных величин в правой передней височной корковой зоне. Анализ изменений ЭЭГ в аспекте имеющихся у

больных факторов дизонтогенеза позволил авторам предположить, что эти факторы за счет механизмов нейропластичности приводят к дисфункции мезоденцефальных структур, раздражение которых ведет к нарушениям переработки информации, что может обуславливать клинические и психологические сдвиги, ведущие к суицидальной разрядке [3].

Важно отметить, что большая часть описанных выше особенностей ЭЭГ касалась преимущественно спонтанной электрической активности. При различных нагрузках отличия между нормой и депрессивными состояниями могут как уменьшаться, так и увеличиваться. В частности, во время задания мысленно воспроизводить эмоции радости и печали у больных с первым депрессивным эпизодом отличия от нормы по мощности дельта-, тета-, альфа- и бета-ритмов сокращались. При когнитивных нагрузках, адресованных правому и левому полушариям, расширялась локализация различий между больными и здоровыми по гамма-активности [21].

Нарушения сна в виде трудностей засыпания и частых пробуждений при сокращении медленноволновых стадий сна, сокращение латентного периода наступления фазы REM и повышение его общей длительности, большая представленность альфа- и бета-волн, снижение дельта-активности также являются маркерами депрессивных расстройств [43].

В настоящее время наибольший научный интерес представляют ЭЭГ-исследования, позволяющие предположить нейрофизиологические модели депрессий. Контекстом для формулировки подобных моделей служат представления об отражении в ЭЭГ общих закономерностей эмоционального реагирования [11]. Согласно современным представлениям важную роль в регуляции отрицательных эмоций и патогенезе депрессии играют передние отделы правого полушария [40, 41].

В мета-аналитическом исследовании изменений активации структур головного мозга при депрессии выявлено ограниченное перекрытие областей мозга с помощью различных методов визуализации (позитронно-эмиссионная томография, магнитно-резонансная томография). У депрессивных больных выделена гипоактивная «сеть» из областей мозга, включающая лобную, височную кору, инсуду и мозжечок, в которой наблюдается увеличение активности после лечения антидепрессантами [31].

Изучение патофизиологии большого депрессивного расстройства с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, позитронно-эмиссионной томографии и магнитно-резонансной томографии показывает, что медиальная префронтальная кора и связанные с ней лимбические, стриопалидарные и таламические структуры участвуют в формировании эмоциональной экспрессии. В случаях повторяющихся депрессивных эпизодов фиксируется изменение объема серого вещества и нейрофизиологической активности в медиальной префронтальной коре и тесно связанных с ней областях в медиальной и каудола-

теральной орбитальной коре, амигдале, гиппокампе и медиальных частях базальных ганглиев [44].

Одной из самых актуальных проблем, которую в последние годы активно исследуют при помощи различных нейрофизиологических методов, является поиск патогенетических основ депрессии различной этиологии. Появление компьютерной записи электроэнцефалографического метода расширили возможности его математического анализа (спектрального, периодического, когерентного и пр.), что, в свою очередь, позволило выявить новые нейрофизиологические диагностические критерии и установить мозговые механизмы депрессивных расстройств. Полученные современные данные о нейронных основах интегративной деятельности мозга и их патологическом функционировании при депрессиях позволили разработать патогенетические модели, включающие в себя представления о системных особенностях взаимодействия структур мозга при депрессивных расстройствах. Дальнейшее углубленное изучение нейрофизиологических основ депрессии открывает новые возможности для диагностики, лечения, реабилитации, а также позволяет проводить эффективную профилактику депрессивных расстройств.

Список литературы

1. Батуев А. С., Иовлева Н. Н. Изменения спектрально-когерентных характеристик ЭЭГ в раннем послеродовом периоде у матерей с тревожно-депрессивным фоном настроения // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2003. Т. 53, № 6. С. 720–729.
2. Варламов А. А., Стрелец В. Б. Анализ когерентности ЭЭГ при депрессивных расстройствах: современное состояние и перспективы клинического применения // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2013. Т. 63, № 6. С. 613.
3. Войцех В. Ф., Мельникова Т. С., Лапин И. А. Клинико-нейрофизиологические аспекты суицидального поведения // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2009. Т. 109, № 10. С. 14–20.
4. Грибанов А. В., Кожевникова И. С., Джос Ю. С., Нехорошкова А. Н. Спонтанная и вызванная электрическая активность головного мозга при высоком уровне тревожности // Экология человека. 2013. № 1. С. 39–47.
5. Гудков А. Б., Попова О. Н., Пащенко А. В. Физиологические реакции человека на локальное холодное воздействие: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2012. 145 с.
6. Ивонин А. А., Цицеронин М. Н., Куценко А. М. и др. Особенности нарушений процессов межкорковой и корково-подкорковой интеграции при различных клинических проявлениях невротической депрессии // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 6. С. 10–22.
7. Изнак А. Ф., Изнак Е. В., Корнилов В. В., Концевой В. А. Динамика нейрофизиологических показателей при терапии затяжной психогенно спровоцированной депрессии // Психиатрия. 2011. № 1. С. 32.
8. Изнак А. Ф., Изнак Е. В., Сорокин С. А. Изменения ЭЭГ и времени реакции в процессе терапии апатической депрессии // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2011. Т. 111, № 7. С. 49–53.
9. Изнак А. Ф., Никишова М. Б. Электрофизиологические корреляты депрессивных расстройств // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 2. С. 137–139.
10. Краснов В. Н. Расстройства аффективного спектра. М.: Практическая медицина, 2011. С. 432.
11. Лапин М. А., Алфимова М. В. ЭЭГ-маркеры депрессивных расстройств // Социальная и клиническая психиатрия. 2014. Т. 24, № 4. С. 81–89.
12. Мельникова Т. С., Андрушкявичус С. И., Краснов В. Н. Дневная динамика реактивности у больных депрессиями по данным стресс-теста // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2013. Т. 113, № 11. С. 59–64.
13. Мельникова Т. С., Краснов В. Н., Лапин И. А., Андрушкявичус С. И. Дневная динамика характеристик ЭЭГ при циркулярных депрессивных расстройствах // Психическое здоровье. 2009. Т. 12, № 43. С. 43–47.
14. Мельникова Т. С., Лапин И. А. Когерентный анализ ЭЭГ при депрессивных расстройствах различного генеза // Социальная и клиническая психиатрия. 2008. Т. 28, № 3. С. 27–32.
15. Мельникова Т. С., Лапин И. А., Саркисян В. В. Информативность использования когерентного анализа ЭЭГ в психиатрии // Функциональная диагностика. 2009. № 1. С. 88.
16. Основные сведения о депрессии: информационный бюллетень ВОЗ. 2017. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs369/ru/> (дата обращения: 20.08.2017)
17. Панков М. Н. Дистанционное консультирование детей с эмоциональными и поведенческими нарушениями // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер. «Медико-биологические науки». 2013. № 2. С. 30–38.
18. Пащенко А. В., Гудков А. Б., Волосевич А. И. Реакция срединных структур головного мозга на локальное охлаждение по данным ЭЭГ // Экология человека. 2001. № 4. С. 43–45.
19. Смулевич А. Б. Депрессии в общей медицине. М.: Медицинское информационное агентство, 2001.
20. Стрелец В. Б., Авин А. И., Зверев С. Н. Картирование биопотенциалов мозга у больных депрессивным синдромом // Журнал высшей нервной деятельности. 1990. № 40. С. 4–6.
21. Стрелец В. Б., Гарах Ж. В., Новотоцкий-Власов В. Ю. Сравнительное исследование гамма-ритма в норме, при экзаменационном стрессе и у больных с первым приступом депрессии // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2006. Т. 56, № 2. С. 219–227.
22. Стрелец В. Б., Данилова Н. Н., Корнилова И. В. Ритмы ЭЭГ и психологические показатели эмоций при реактивной депрессии // Журнал высшей нервной деятельности. 1997. Т. 47, № 1. С. 11–21.
23. Стрелец В. Б., Иваницкий А. М., Арцеулова О. К. Динамика нейрофизиологических показателей при реактивной (ситуационной) и эндогенной депрессии // Физиология человека. 1994. Т. 20, № 6. С. 64–74.
24. Стрелец В. Б., Иваницкий А. М., Иваницкий Г. А. Нарушение организации корковых процессов при депрессии // Журнал высшей нервной деятельности. 1996. Т. 46, № 2. С. 241.
25. Balconi M., Mazza G. Brain oscillations and BIS/BAS (behavioral inhibition/activation system) effects on processing masked emotional cues. ERS/ERD and coherence measures of alpha band // Int. J. Psychophysiology. 2009. Vol. 74. P. 158–165.
26. Balconi M., Pozzoli U. Arousal effect on emotional face comprehension: frequency band changes in different time intervals // Physiol. Behav. 2009. Vol. 97, N 3–4. P. 455–462.
27. Bratsas C., Papadelis C., Konstantinidis E., Pappas C. Towards emotion aware computing: An integrated approach

using multi-channel neurophysiological recordings and affective visual stimuli // *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 2010. Vol. 14, N 3. P. 589–597.

28. *Esslen M., Pascual-Marqui R. D., Hell D. et al.* Brain areas and time course of emotional processing // *Neuroimage*. 2004. Vol. 21, N 4. P. 1189–1203.

29. *Fernandez et al.* Increased occipital delta dipole density in major depressive disorder determined by magnetoencephalography // *J. Psychiatry Neurosci.* 2005. Vol. 30, N 1. P. 17–23.

30. *Fingelkurts An. A., Fingelkurts Al. A., Rytsala H. et al.* Composition of brain oscillations in ongoing EEG during major depression disorder // *Neurosci. Res.* 2006. Vol. 56, N 2. P. 133–144.

31. *Fitzgerald P. B., Laird A. R., Maller J., Daskalakis Z. J.* A meta-analytic study of changes in brain activation in depression // *Hum Brain Mapp.* 2008. Vol. 29 (6). P. 683–695.

32. *Grin-Yatsenko V. A., Baas I., Ponomarev V. A., Kropotov Y.* EEG power spectra at early stages of depressive disorders // *J. Clin. Neurophysiology.* 2009. Vol. 26, N 6. P. 401–406.

33. *Hinrikus H., Suhhova A., Bachmann M. et al.* Spectral features of EEG in depression // *Biomed. Tech.* 2010. Vol. 55. P. 155–161.

34. *Jausovec N., Jausovec K.* Differences in induced gamma and upper alpha oscillations in the human brain related to verbal/performance and emotional intelligence // *Int. J. Psychophysiol.* 2005. Vol. 56. P. 223–235.

35. *Kanda P. A. M., Anghinah R., Smidt M. T., Silva J. M.* The clinical use of quantitative EEG in cognitive disorders // *Dementia & Neuropsychologia.* 2009. Vol. 3, N 3. P. 195–203.

36. *Kessler R. C., Berglund P., Demler O. et al.* National Comorbidity Survey Replication. The epidemiology of major depressive disorder: results from the National Comorbidity Survey Replication (NCS-R) // *JAMA* 2003. Vol. 289. P. 3095–3105.

37. *Knott V., Mahoney C., Kennedy S., Evans K.* EEG power, frequency, asymmetry and coherence in male depression // *Psychiatry Res.* 2001. Vol. 106. P. 123–140.

38. *Knyazev G. G.* Motivation emotion and their inhibitory control mirrored in brain oscillations // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2007. Vol. 31. P. 377–395.

39. *Knyazev G. G., Slobodskoj-Plusnin J. Y., Bocharov A. V.* Event-related delta and theta synchronization during explicit and implicit emotion processing // *Neurosci.* 2009. Vol. 164. P. 1588–1600.

40. *Mathersul D., Williams L. M., Hopkinson P. J., Kemp A. H.* Investigating models of affect : relationships among EEG alpha asymmetry, depression and anxiety // *J Biol Psychol.* 2008. Vol. 80. P. 560–572.

41. *Papousek I., Schulte G.* Associations between EEG asymmetries and electrodermal lability in low versus high depressive and anxious normal individuals // *Int J Psychophysiol.* 2001. N 34. P. 1–12.

42. *Paquette V., Beauregard M., Beaulieu-Prevost D.* Effect of a psychoneurotherapy on brain electromagnetic tomography in individuals with major depressive disorder // *Psychiatry Res.* 2009. Vol. 30, N 3. P. 231–239.

43. *Rao U., Hammen C. L., Poland R. E.* Risk markers for depression in adolescents: sleep and HPA measures // *Neuropsychopharmacology.* 2009. Vol. 34, N 8. P. 1936–1945.

44. *Rigucci S., Serafini G., Pompili M., Kotzalidis G. D., Tatarelli R.* Anatomical and functional correlates in major depressive disorder: the contribution of neuroimaging studies // *World J Biol Psychiatry.* 2010. Vol. 11 (2 Pt 2). P. 165–180.

45. *Saletu B., Anderer P., Saletu-Zyhlarz G. M.* EEG topography and tomography (LORETA) in diagnosis and

pharmacotherapy of depression // *Clin. EEG Neurosci.* 2010. Vol. 41, N 4. P. 203–210.

46. The value of quantitative electroencephalography in clinical psychiatry: A Report by the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association // *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 2006. Vol. 18. P. 460–500.

References

1. *Batuev A. S., Iovleva N. N.* Changes in the spectral-coherent characteristics of EEG in the early postpartum period in mothers of anxious-depressive background mood. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I. P. Pavlova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 2003, 53 (6), pp. 720–729. [in Russian]

2. *Varlamov A. A., Strelets V. B.* The Analysis of coherence of EEG in depressive disorders: current status and prospects of clinical application. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I. P. Pavlova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 2013, 63 (6), P. 613 [in Russian]

3. *Voitsekh F. V., Melnikova T. S., Lapin A. I.* Clinical-neurophysiological aspects of suicidal behavior. *Zhurnal Neurologii i Psikhiiatrii imeni S. S. Korsakova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 2009, 109 (10), P. 14–20. [in Russian]

4. *Gribanov A. V., Kozhevnikova I. S., Jos Yu. S., Nekhoroshkova A. N.* Brain spontaneous and induced electric activity at high level of anxiety. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 1, pp. 39–47. [in Russian]

5. *Gudkov A. B., Popova O. N., Pashchenko A. V.* *Fiziologicheskie reaktsii cheloveka na lokal'noe kholodovoe vozdeistvie: monografiya* [Physiological reactions of a person to a local cold effect: monograph]. Arkhangel'sk, Publishing House of the Northern State Medical University, 2012, 145 p.

6. *Ivonin A. A., Ciceronis M. N., Kutsenko A. M. et al.* Features of violations of the processes majorcool and cortical-subcortical integration with various clinical forms of neurotic depression. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2008, 34 (6), pp. 10–22. [in Russian]

7. *Iznak A. F., Iznak E. V., Kornilov V. V., Kontsevoi V. A.* Dynamics of neurophysiological indices in treatment of psychogenic provoked a protracted depression. *Psikhiiatriya* [Psychiatry]. 2011, 1, p. 32. [in Russian]

8. *Iznak A. F., Iznak E. V., Sorokin S. A.* The Changes in EEG and reaction time in the treatment of apathic depression. *Zhurnal Neurologii i Psikhiiatrii imeni S. S. Korsakova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 2011, 111 (7), pp. 49–53. [in Russian]

9. *Iznak A. F., Nikishova M. B.* Electrophysiological correlates of depressive disorders. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2007, 33 (2), pp. 137–139. [in Russian]

10. *Krasnov V. N.* *Rasstroistva affektivnogo spektra* [Disorders of the affective spectrum]. Moscow, Prakticheskaya meditsina Publ., 2011, P. 432.

11. *Lapin M. A., Alfimov M. V.* EEG-markers of depressive disorders. *Sotsial'naya i klinicheskaya psikhiiatriya* [Social and Clinical Psychiatry]. 2014, 24 (4), pp. 81–89. [in Russian]

12. *Melnikova T. S., Andrushkyavichus S. I., Krasnov V. N.* Diurnal changes of reactivity in patients with depression according to the stress test. *Zhurnal Neurologii i Psikhiiatrii imeni S. S. Korsakova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 2013, 113 (11), pp. 59–64. [in Russian]

13. *Melnikova T. S., Krasnov V. N., Lapin, I. A., Andrushkyavichus S. I.* Daily frequency characteristics of the EEG in a circular depressive illness. *Psikhicheskoe zdorov'e* [Mental Health]. 2009, 12 (43), pp. 43–47. [in Russian]

14. *Melnikova T. S., Lapin I. A.* Coherence analysis of EEG in depressive disorders of different Genesis. *Sotsial'naya i klinicheskaya psikhiiatriya* [Social and Clinical Psychiatry]. 2008, 28 (3), pp. 27–32. [in Russian]

15. Melnikova T. S., Lapin I. A., Sargsyan V. V. Informative use coherent analysis of EEG in psychiatry. *Funktional'naya diagnostika* [Functional diagnostics]. 2009, 1, p. 88. [in Russian]
16. Basic information about depression: information Bulletin of the WHO. 2017. Available at: URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs369/ru/> (accessed: 20.08.2017)
17. Pankov M. N. Remote consultation of children with emotional and behavioral disorders. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser. Mediko-biologicheskie nauki* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Ser. Biomedical science]. 2013, 2, pp. 30-38. [in Russian]
18. Paschenko A. V., Gudkov A. B., Volosevich A. I. Reaction of medial brain structures to local cooling according to EEG data. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2001, 4, pp. 43-45. [in Russian]
19. Smulevich A. B. *Depressii v obshchei meditsine* [Depression in General medicine]. Moscow, Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2001.
20. Strelets V. B., Avin A. I., Zverev S. N. Mapping of brain potentials in patients with depressive syndrome. *Zhurnal Vysshei Nерvnoi Deyatel'nosti Imeni I. P. Pavlova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 1990, 40, pp. 4-6. [in Russian]
21. Strelets V. B., Garah J. V., Novototsky-Vlasov V. Y. A comparative study of the gamma-rhythm in the norm, with examination stress and patients with the first attack of depression. *Zhurnal Vysshei Nерvnoi Deyatel'nosti Imeni I. P. Pavlova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 2006, 56 (2), pp. 219-227. [in Russian]
22. Strelets V. B., Danilova N. N., Kornilova I. V. The EEG Rhythms and psychological indices of emotions in reactive depression. *Zhurnal Vysshei Nерvnoi Deyatel'nosti Imeni I. P. Pavlova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 1997, 47 (1), pp. 11-21. [in Russian]
23. Strelets V. B., Ivanitsky A. M., Artseulov O. K. Dynamics of neurophysiological indices in reactive (situational) and endogenous depression. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1994, 20 (6), pp. 64-74. [in Russian]
24. Strelets V. B., Ivanitsky A. M., Ivanitsky G. A. Violation of the organization of the cortical processes in depression. *Zhurnal Vysshei Nерvnoi Deyatel'nosti Imeni I. P. Pavlova* [Neuroscience and Behavioral Physiology]. 1996, 46 (2), P. 241. [in Russian]
25. Balconi M., Mazza G. Brain oscillations and BIS/BAS (behavioral inhibition/activation system) effects on processing masked emotional cues. ERS/ERD and coherence measures of alpha band. *Int. J. Psychophysiology*. 2009, 74, pp. 158-165.
26. Balconi M., Pozzoli U. Arousal effect on emotional face comprehension: frequency band changes in different time intervals. *Physiol. Behav.* 2009, 97 (3-4), pp. 455-462.
27. Bratsas C., Papadelis C., Konstantinidis E., Pappas C. Towards emotion aware computing: An integrated approach using multi-channel neurophysiological recordings and affective visual stimuli. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 2010, 14 (3), pp. 589-597.
28. Esslen M., Pascual-Marqui R. D., Hell D. et al. Brain areas and time course of emotional processing. *Neuroimage*. 2004, 21 (4), pp. 1189-1203.
29. Fernandez et al. Increased occipital delta dipole density in major depressive disorder determined by magnetoencephalography. *J. Psychiatry Neurosci.* 2005, 30 (1), pp. 17-23.
30. Fingelkurts An. A., Fingelkurts Al. A., Ryttsala H. et al. Composition of brain oscillations in ongoing EEG during major depression disorder. *Neurosci. Res.* 2006, 56 (2), pp. 133-144.
31. Fitzgerald P. B., Laird A. R., Maller J., Daskalakis Z. J. A meta-analytic study of changes in brain activation in depression. *Hum Brain Mapp.* 2008, 29 (6), pp. 683-95.
32. Grin-Yatsenko V. A., Baas I., Ponomarev V. A., Kropotov Y. EEG power spectra at early stages of depressive disorders. *J. Clin. Neurophysiology*. 2009, 26 (6), pp. 401-406.
33. Hinrikus H., Suhhova A., Bachmann M. et al. Spectral features of EEG in depression. *Biomed. Tech.* 2010, 55, pp. 155-161.
34. Jausovec N., Jausovec K. Differences in induced gamma and upper alpha oscillations in the human brain related to verbal/performance and emotional intelligence. *Int. J. Psychophysiol.* 2005, 56, pp. 223-235.
35. Kanda P. A. M., Anghinah R., Smidt M. T., Silva J. M. The clinical use of quantitative EEG in cognitive disorders. *Dementia & Neuropsychologia*. 2009, 3 (3), pp. 195-203.
36. Kessler R. C., Berglund P., Demler O. et al. National Comorbidity Survey Replication. *The epidemiology of major depressive disorder: results from the National Comorbidity Survey Replication (NCS-R)*. *JAMA* 2003, 289, pp. 3095-3105.
37. Knott V., Mahoney C., Kennedy S., Evans K. EEG power, frequency, asymmetry and coherence in male depression. *Psychiatry Res.* 2001, 106, pp. 123-140.
38. Knyazev G. G. Motivation emotion and their inhibitory control mirrored in brain oscillations. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2007, 31, pp. 377-395.
39. Knyazev G. G., Slobodskoj-Plusnin J. Y., Bocharov A. V. Event-related delta and theta synchronization during explicit and implicit emotion processing. *Neurosci.* 2009, 164, pp. 1588-1600.
40. Mathersul D., Williams L. M., Hopkinson P. J., Kemp A. H. Investigating models of affect : relationships among EEG alpha asymmetry, depression and anxiety. *J Biol Psychol.* 2008, 80, pp. 560-572.
41. Papousek I., Schulte G. Associations between EEG asymmetries and electrodermal lability in low versus high depressive and anxious normal individuals. *Int J Psychophysiol.* 2001, 34, pp. 1-12.
42. Paquette V., Beauregard M., Beaulieu-Prevost D. Effect of a psychoneurotherapy on brain electromagnetic tomography in individuals with major depressive disorder. *Psychiatry Res.* 2009, 30 (3), pp. 231-239.
43. Rao U., Hammen C. L., Poland R. E. Risk markers for depression in adolescents: sleep and HPA measures. *Neuropsychopharmacology*. 2009, 34 (8), pp. 1936-1945.
44. Rigucci S., Serafini G., Pompili M., Kotzalidis G. D., Tatarelli R. Anatomical and functional correlates in major depressive disorder: the contribution of neuroimaging studies. *World J Biol Psychiatry*. 2010, 11(2 Pt 2), pp. 165-80.
45. Saletu B., Anderer P., Saletu-Zyhlarz G. M. EEG topography and tomography (LORETA) in diagnosis and pharmacotherapy of depression. *Clin. EEG Neurosci.* 2010, 41 (4), pp. 203-210.
46. The value of quantitative electroencephalography in clinical psychiatry : A Report by the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 2006, 18, pp. 460-500.

Контактная информация:

Кожевникова Ирина Сергеевна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 163045, г. Архангельск, пр. Бадигина, д. 3
E-mail: i.s.kozhevnikova@narfu.ru