

## ОСОБЕННОСТИ ДЛИТЕЛЬНО ТЕКУЩЕЙ ОСЦИЛЛЯТОРНОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА У БОЛЬНЫХ ГЛАЗНЫМ ИШЕМИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

Андрей Геннадьевич ЩУКО<sup>1,2</sup>, Алексей Александрович ВЕСЕЛОВ<sup>2</sup>,  
Геннадий Анатольевич ШАБАНОВ<sup>3</sup>, Александр Алексеевич РЫБЧЕНКО<sup>3</sup>,  
Наталья Валерьевна ФИЛИНА<sup>4</sup>, Татьяна Николаевна ЮРЬЕВА<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 337

<sup>2</sup> ГБОУ ВПОУ Иркутский государственный медицинский университет Минздрава России  
664003, г. Иркутск, ул. Красного восстания, 1

<sup>3</sup> Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН  
690022, г. Владивосток, ул. Кирова, 95

<sup>4</sup> ГБОУ ВПО Тихоокеанский государственный медицинский университет Минздрава России  
690062, г. Владивосток, просп. Острякова, 2

Цель исследования – определить особенности устойчивых функциональных состояний центральной нервной системы на основе регистрации длительно текущих осцилляций головного мозга у больных глазным ишемическим синдромом. Материал и методы. Обследовано 32 пациента с транзиторной монокулярной слепотой, 41 – с острой и 68 – с хронической ишемической нейрооптикопатией, 32 – с подозрением на глазной ишемический синдром. Исследовали диффузную магнитную составляющую биопотенциалов мозга с выделением преимущественно длительно текущих ритмических компонентов при помощи индукционных бесконтактных датчиков. Спектральный анализ осуществлялся при помощи оригинального пакета прикладных программ, разработанного на базе НИЦ «Арктика» ДВО РАН с последующей автоматизированной обработкой и представлением данных в виде матрицы «множества функциональных состояний» организма. Результаты. Выявлены устойчивые признаки, характеризующие каждый вид глазного ишемического синдрома, в том числе и самые ранние его проявления в виде специфических ритмических паттернов. Наиболее специфичным признаком глазной ишемии было наличие аномалий в частотном спектре 6,821–7,564 Гц ( $p < 0,01$ ).

**Ключевые слова:** функциональное состояние, центральная нервная система, ритмическая активность, спектральный анализ, глазной ишемический синдром.

Несмотря на достаточно большое количество исследований, центром внимания которых являлось изучение проблем раннего выявления, лечения и прогнозирования осложнений глазной ишемии, научный интерес к данной проблеме не только не ослабевает, но и продолжает расти. Этот факт во многом можно объяснить неуклонным увеличением заболеваемости глазным ишемическим синдромом (ГИС) как в России, так и в мире, появлением разнообразных форм данной

нозологической, сочетающейся и осложняющей течение других офтальмологических и соматических заболеваний, таких как глаукома, гипертоническая болезнь (ГБ), ишемическая болезнь сердца (ИБС) [5]. Отсутствие системного подхода к рассмотрению проблем диагностики и лечения такого многофакторного по этиологии и в то же время локального по клиническим проявлениям заболевания обуславливает высокий процент инвалидности среди больных с ГИС [6].

*Щуко А.Г.* – д.м.н., проф., зав. кафедрой глазных болезней, директор, e-mail: if@mntk.irkutsk.ru

*Веселов А.А.* – к.м.н., доцент кафедры глазных болезней, e-mail: magicjack@mail.ru

*Шабанов Г.А.* – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории экологической нейрокибернетики

*Рыбченко А.А.* – д.т.н., зав. лабораторией нейрокибернетики

*Филина Н.В.* – к.м.н., доцент кафедры офтальмологии

*Юрьева Т.Н.* – д.м.н., проф., проф. кафедры глазных болезней, зам. директора по научной работе, e-mail: tnyurieva@mail.ru, shishkinamntk@mail.ru

В последнее время в связи с широким внедрением в клиническую практику офтальмологов оптической когерентной томографии отмечается значительный перевес к использованию в диагностике заболеваний сетчатки и зрительного нерва критериев, позволяющих оценить характер и степень морфологических изменений. Вклад подобных методов диагностики в постановку клинического диагноза в офтальмологии достигает по мировым оценкам 90 % [9, 15]. Однако изменения структуры зачастую свидетельствуют о наличии клинически выраженной стадии патологического процесса, т.е. по отношению к нейроретинальному комплексу, о его необратимом повреждении. При этом латентная стадия болезни, характеризующаяся достаточно длительным периодом компенсации и возможностью обратного развития, оказывается упущенной. Становится очевидной проблема отсутствия свежих концепций и взглядов, отражающих системность патологических процессов при их локальных проявлениях, а также неразрывность морфологических и функциональных проявлений болезни. Совершенно очевидно, что ГИС должны предшествовать или сопутствовать схожие по патогенетическим механизмам заболевания, такие как дисциркуляторная энцефалопатия, ИБС, ГБ, представляющие собой проявления общих патологических процессов в организме. С данных позиций ГИС также можно рассматривать как проявление некой общей патологии – следствия длительно существующего нарушения функционального состояния организма.

Известно, что центральная нервная система (ЦНС) контролирует и объединяет в единое целое множество физиологических функций организма, содержит механизмы анализа и коррекции функциональных расстройств, несет в себе возможности представительства и регуляции висцеральной сферы различных органов [10, 11, 13, 18]. Многочисленными работами доказано, что неспецифические ретикулярные структуры мозга создают диффузную ритмическую активность, определяющую единое функциональное состояние коры и эффекторных органов [2, 13, 14,

16]. Известен целый ряд обзорных работ о связи ритмов мозга и функционального состояния организма при различных общих и локальных патологических процессах [1, 11, 12, 17–19]. Поэтому верным подходом к анализу и разработке новых способов ранней диагностики и выявлению предикторов ГИС может быть изучение нормальных и патологических функциональных состояний ЦНС.

Цель работы – определить особенности устойчивых функциональных состояний центральной нервной системы на основе регистрации длительно текущих осцилляций головного мозга у больных глазным ишемическим синдромом.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование включен 171 пациент в возрасте от 42 до 73 лет с различными формами ГИС: 30 человек с транзиторной монокулярной слепотой, 41 человек с острой передней ишемической нейрооптикопатией (ПИН), 68 больных с хронической ишемической нейрооптикопатией. Также в отдельную группу были включены 32 человека с подозрением на ГИС (табл. 1). Контрольную группу составили 126 практически здоровых добровольцев – 79 мужчин и 47 женщин в возрасте от 50 до 68 лет.

Все группы формировались методом сплошной выборки из числа лиц, госпитализированных в офтальмологическое отделение Краевой клинической больницы № 2, 1-е и 2-е нейрохирургическое отделение Городской клинической больницы № 2 г. Владивостока, а также наблюдавшихся в Краевом диагностическом центре за период 2007–2014 гг.

Офтальмологический статус оценивали при помощи стандартных офтальмологических методов диагностики с определением остроты зрения, внутриглазного давления с использованием тонометра Маклакова, компьютерной статической периметрии на белый цвет. Электрофизиологические параметры сетчатки и зрительного нерва оценивали по порогу электрочувствительности и лабильности, а также зрительных вызванных

Таблица 1

Распределение пациентов по группам, нозологическим формам ГИС, полу, возрасту

| Клинические формы ГИС                      | Количество пациентов (мужчин/женщин) | Возраст, лет ( $M \pm m$ ) |
|--|--------------------------------------|----------------------------|
| Подозрение на ишемическую нейрооптикопатию | 32 (21/11)                           | 51,5 ± 3,5                 |
| Транзиторная монокулярная слепота          | 30 (22/8)                            | 55,0 ± 13,0                |
| Острая ПИН                                 | 41 (25/16)                           | 59,5 ± 12,5                |
| Хроническая ишемическая нейрооптикопатия   | 68 (24/44)                           | 59,5 ± 13,5                |

потенциалов (ЗВП) на вспышку света. Оценку структурных изменений диска зрительного нерва и перипапиллярной сетчатки проводили с использованием оптического когерентного томографа. Для исключения внутричерепной патологии применялась компьютерная и магнитно-резонансная томография. Оценку кровотока осуществляли при помощи ультразвуковой доплерографии в режиме цветового картирования.

Для регистрации ритмической активности мозга (РАМ) была применена оригинальная методика, в основе которой лежало использование стандартного электроэнцефалографа «Нейрон-спектр-1» и двух бесконтактных индукционных магнитоэнцефалографических (МЭГ) датчиков, впервые предложенных для регистрации РАМ вместо стандартных кожных электродов [8], что уменьшает время съёмов и обработки данных, исключает подготовку для установки электродов, использование электродных гелей, а также возникновение артефактов, связанных с использованием кожных электродов. При этом данные, полученные при использовании МЭГ и стандартных кожных электродов, полностью сопоставимы и позволяют полноценно оценивать диффузную РАМ.

Далее проводился автоматизированный спектральный анализ биопотенциалов при помощи оригинального комплекса прикладных программ, разработанного на базе лаборатории экологической нейрокибернетики НИЦ «Арктика» ДВО РАН, для использования в медицине в целях ранней диагностики патологии внутренних органов [7].

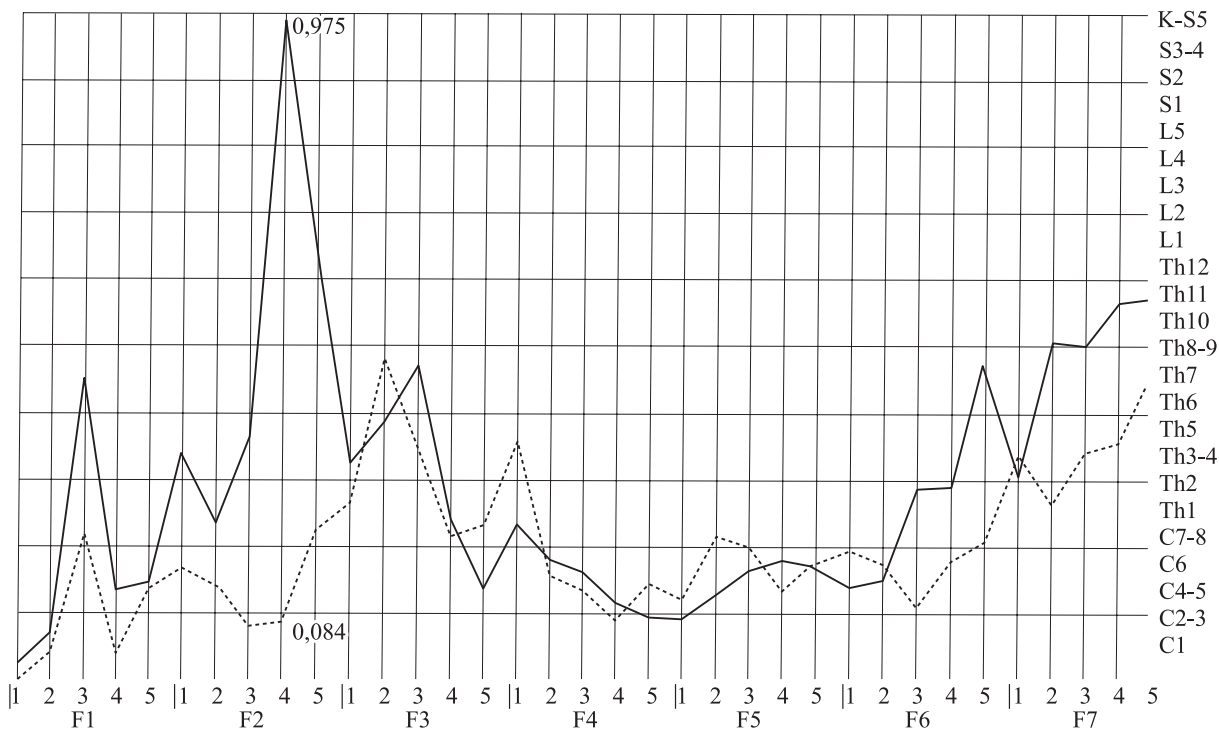
В целом, данный программно-аппаратный комплекс предназначен для спектрального анализа суммарной биоэлектрической активности головного мозга человека и построения частотной матрицы множественных функциональных состояний, позволяет проводить анализ висцеральных функций организма и отражает схему строения периферических элементов вегетативной нервной системы. В основе матрицы лежит принцип одновременного существования независимых функциональных состояний различных органов и систем организма, а также выделение висцеральных функций отдельных органов, в том числе и зрительного анализатора. Данная модель рассматривает пространственно-временную организацию биопотенциалов мозга в виде множества многочастотных осцилляторов с детерминированным рядом центральных частот, сопряженных с деятельностью различных групп вегетативных рецепторов организма, выстроенных в осцилляторные ряды и подчиненных принципу соматической сегментации. Исходя из вышеизло-

женного, анализ матрицы позволяет определить топологию расположения патологии, провести диагностику существующих вегетативных дисфункций и заболеваний внутренних органов человека, отследить зарождающиеся патологические процессы в организме.

Согласно оригинальной методике, для регистрации глобальной биоэлектрической активности мозга использовалась двухканальная система отведения – соответственно левому и правому полушарию с установкой МЭГ датчиков в височно-теменных отведениях. Чувствительность усилителей 2 пТл/мм, частотный диапазон 0,1–30 Гц. Уровень шума в полосе частот не более 1 мкВ. Число полосовых фильтров при спектральном анализе – 840. Время одного обследования (суммации) – 160 с. Число съёмов одного пациента – не менее трех. Для наглядного представления данные выводятся на графиках в виде кривых, огибающих частотный спектр правого и левого полушарий (рис. 1). Каждая функция F (ось абсцисс) отражает развертку состояния локального сегментарного вегетативного тонуса мышечных и сосудистых симпатических механизмов спинного мозга – систему альфа-, бета-адренорецепторов; эпителиальных и мышечных парасимпатических механизмов мезэнцефалического, бульбарного и сакрального отделов – систему М-холинорецепторов внутренних органов человека, а также многих других вегетативных рецепторов. На оси ординат отображены условные спинальные вегетативные центры.

Критериями включения в группу с подозрением на ГИС являлись: жалобы на периодическое ухудшение зрения одного из глаз без развития полной слепоты, появление «тумана» перед глазами во время перехода из горизонтального положения в вертикальное, наличие признаков ангиопатии с признаками сужения артериальных сосудов; снижение средней скорости кровотока ( $V_m$ ) в глазничной артерии (ГА) менее 16,5 см/с; асимметрия не более 20 %, а также в задних коротких цилиарных артериях (ЗКЦА)  $V_m$  менее 7,7 см/с с асимметрией не более 25 %; отсутствие изменений по данным электрофизиологических и нейровизуализационных методов обследования.

При включении пациентов в группу с переходящей монокулярной слепотой критериями отбора были обязательное наличие приступов резкого снижения зрения одного глаза до возникновения полной слепоты длительностью от 20 с до 1 мин; наличие признаков ангиопатии сетчатки по артериальному типу с обеднением сосудистого рисунка; отсутствие стойких изменений полей зрения, а также изменений при визуализации зрительного нерва; наличие снижения  $V_m$  в ГА менее



**Рис. 1.** График спектральной оценки пациента с подозрением на ГИС. Кривые, огибающие частотный спектр в условном сегментарном центре Th1. Десинхронизация базовой функции F2-4. Непрерывная линия – правое полушарие, пунктирная – левое. Указаны цифровые значения амплитуд спектральной оценки в относительных единицах

16,5 см/с при асимметрии более 20 %, а также в ЗКЦА менее 7,7 см/с с асимметрией более 30 % соответственно; отсутствие стойких изменений электрофизиологических показателей и данных нейровизуализационных исследований.

Включение пациентов в группу с острой ПИН осуществлялось по следующим критериям: резкое и стойкое монокулярное снижение остроты зрения менее 0,3, сочетающееся с наличием концентрического сужения полей зрения, либо обширных абсолютных скотом; наличие характерных изменений диска зрительного нерва в виде его полного, либо секторального отека с признаками сужения артерий и/или вен сетчатки; признаки отека диска зрительного нерва по данным оптической когерентной томографии; снижение пикового компонента ЗВП N1-P2 менее 10,1 мВ и удлинение пиковой латентности P2 более 103 мс.

Критериями включения в группу с хронической ишемической нейрооптикопатией были изменения зрительных функций, обусловленные хронической ишемией зрительного нерва одного либо обоих глаз – снижение остроты зрения, наличие абсолютных скотом, сужения границ полей зрения; характерные офтальмоскопические изменения дисков зрительных нервов в виде их деколорации, сужение калибра артерий сетчатки; истончение слоя нервных волокон при визу-

ализации диска зрительного нерва и сетчатки по данным оптической когерентной томографии; увеличение порога электрочувствительности и снижение показателей лабильности зрительного нерва; снижение амплитуды пикового компонента ЗВП N1-P2 менее 10,1 мВ и удлинение пиковой латентности P2 более 103 мс по данным ЗВП на вспышку света.

Критерии исключения включали: ассоциированные состояния в виде цереброваскулярных заболеваний (инсульты, транзиторная ишемическая атака), заболеваний сердца (инфаркт миокарда, коронарная реваскуляризация, хроническая сердечная недостаточность III стадии); сахарный диабет; онкологические заболевания; черепно-мозговая травма в анамнезе, врожденная неврологическая патология; эпилепсия; интракраниальная патология по данным компьютерной и магнитно-резонансной томографии; хориоретинальная миопия; дистрофические изменения периферии глазного дна; врожденные или наследственные формы дистрофий сетчатки и зрительных нервов; глаукома.

При проведении статистической обработки материала для оценки достоверности различий выборок по качественным признакам применялся критерий  $\chi^2$ . Количественные признаки включали в себя числовые выражения амплитуды, а также

разности амплитуд огибающих спектры полушарий. Для выявления достоверности различий в сравниваемых выборках применялись непараметрические критерии Манна – Уитни, Вальда – Вольфовица и Колмогорова – Смирнова. Для парных сравнений зависимых выборок использовался Т-критерий Вилкоксона. В качестве описательной статистики применялись выборочные характеристики: среднее ( $M$ ), ошибка среднего ( $m$ ), медиана ( $Me$ ), интерквартильный размах в виде 25 ( $P_{25}$ ) и 75 ( $P_{75}$ ) процентилей, а также лимиты распределения, характеризующие максимальное ( $max$ ) и минимальное ( $min$ ) значение признака.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты предыдущих исследований влияния фенилэфрина ( $\alpha_1$ -адреномиметика) и мидриацила (М-холиноблокатора) в виде глазных инстилляций на вегетативные рефлексы глаза у здоровых добровольцев позволили в результате регистрации ритмического паттерна, возникающего в ответ на специфическое фармакологическое воздействие, локализовать и охарактеризовать представительство висцеральной сферы зрительного анализатора в частотной матрице [4].

Всестороннее исследование нейрофизиологических данных у больных ГИС и сопоставление

полученных результатов с офтальмологическим статусом показали, что для пациентов с подозрением на ГИС характерно наличие паттерна, характеризующегося десинхронизацией функции F2-4; Th1 – 7,288 Гц ( $p < 0,01$ ) (см. рис. 1). Необходимо отметить, что в течение шестилетнего наблюдения за пациентами группы с подозрением на ГИС у 21 (65,6 %) больного произошло усугубление патологии с появлением как переходящих, так острых и хронических ишемических расстройств.

Сравнительный анализ спектрограмм больных с транзиторной монокулярной слепотой и пациентов контрольной группы выявил достоверные различия в виде десинхронизации (разнонаправленности) кривых, огибающих частотный спектр функции F2-4 (рис. 2). Можно заметить, что данная частотная функция, или область, имеет определенный размах значений в диапазоне от Th2 до C7 (6,821–7,564) Гц в отличие от показателей в группе с подозрением на ГИС (табл. 2). При этом наиболее устойчивым, или доминирующим, ритмом, как видно на приведенных графиках, являлся F2-4; Th1 – 7,288 Гц ( $p < 0,01$ ).

Острая форма ПИН характеризуется появлением дополнительных критериев, проявляющихся десинхронизацией спектров F6-4; Th1 – 0,452 Гц ( $p < 0,01$ ) и F6-4 C7-8 – 0,478 Гц. Кроме

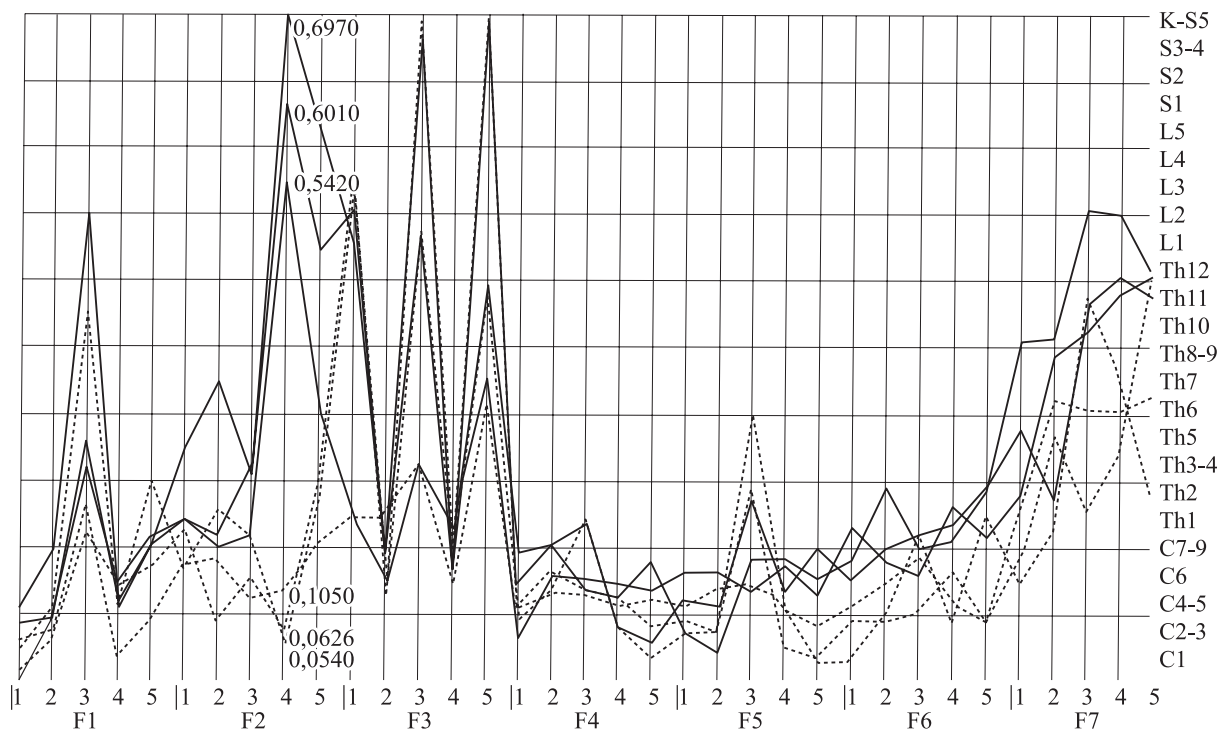


Рис. 2. График спектральной оценки пациента с транзиторной ишемической нейрооптикопатией. Кривые, огибающие частотный спектр в трех сегментарных центрах – Th1, Th2 и C7. Десинхронизация базовой функции F2-4. Непрерывная линия – правое полушарие, пунктирная – левое. Указаны цифровые значения амплитуд спектральной оценки в относительных единицах

Таблица 2

Сводные данные спектрального анализа. Представлены числовые значения разностей амплитуд (десинхронизации) в различных частотных спектрах, регистрируемых у исследуемых групп в сравнении с группой контроля.

| Критерий   | Подозрение на ГИС                 | Транзиторная монокулярная слепота | Острая ПИН                        | Хроническая ПИН                   | Контроль                   |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| F2-4; Th1  | <b>0,41; 0,21</b><br>[0,09; 0,81] | <b>0,49; 0,2</b><br>[0,08; 0,79]  | <b>0,34; 0,24</b><br>[0,05; 0,42] | <b>0,26; 0,1</b><br>[0,05; 0,355] | 0,168; 0,1<br>[0,06; 0,21] |
| F2-4; Th2  | 0,14; 0,10<br>[0,05; 0,21]        | <b>0,45; 0,21</b><br>[0,09; 0,78] | 0,138; 0,1<br>[0,06; 0,19]        | 0,141; 0,11<br>[0,03; 0,21]       | 0,134; 0,1<br>[0,04; 0,19] |
| F2-4; C7-8 | 0,16; 0,12<br>[0,09; 0,18]        | <b>0,39; 0,29</b><br>[0,12; 0,54] | <b>0,35; 0,24</b><br>[0,09; 0,48] | 0,17; 0,12<br>[0,08; 0,19]        | 0,17; 0,11<br>[0,07; 0,20] |
| F6-4; Th1  | 0,176; 0,13<br>[0,05; 0,23]       | 0,189; 0,14<br>[0,06; 0,232]      | <b>0,32; 0,23</b><br>[0,09; 0,43] | 0,19; 0,11<br>[0,04; 0,24]        | 0,20; 0,11<br>[0,05; 0,26] |
| F6-4; C7-8 | 0,18; 0,11<br>[0,08; 0,24]        | 0,19; 0,12<br>[0,07; 0,22]        | <b>0,31; 0,21</b><br>[0,09; 0,40] | 0,19; 0,11<br>[0,08; 0,25]        | 0,20; 0,10<br>[0,04; 0,27] |
| F7-4; Th1  | 0,41; 0,31<br>[0,15; 0,72]        | 0,48; 0,33<br>[0,19; 0,77]        | 0,52; 0,4<br>[0,21; 0,79]         | <b>0,97; 0,73</b><br>[0,38; 1,41] | 0,54; 0,4<br>[0,23; 0,75]  |

Примечание. Данные представлены в следующем виде: среднее; медиана [25 процентиль; 75 процентиль]. Жирным шрифтом выделены достоверные критерии ( $p < 0,01$ ).

того, у пациентов с этой формой заболевания можно наблюдать десинхронизацию функции F2-4 Th1 – 7,288 Гц ( $p < 0,01$ ), характерную для подозрения на ГИС и для транзиторной монокулярной слепоты (табл. 2).

При рассмотрении спектрограмм пациентов с хронической ишемической нейрооптикопатией выявлено достоверное увеличение разности амплитуд в частотных спектрах F2-4; Th1 (7,288 Гц), ( $p < 0,01$ ) и F2-4; C7-8 (6,879 Гц), ( $p < 0,01$ ). Наряду с указанными особенностями графики характеризовались достоверным увеличением амплитуды спектральной оценки F7-4; Th1 – 0,221 Гц ( $p < 0,01$ ) и F7-4; Th1 – 0,221 Гц ( $p < 0,01$ ) (см. табл. 2).

Таким образом, анализ спектрографических данных пациентов с различными формами ГИС – с латентной стадией, характеризующейся отсутствием структурных и стойких функциональных проявлений, а также с клинически выраженными формами заболевания, проявляющимися как транзиторными функциональными расстройствами, так и острым и хроническим течением патологического процесса с наличием ярко выраженной клинической картины и морфофункциональных проявлений, показал, что, несмотря на разнообразие проявлений ГИС, существуют единые, устойчивые признаки, которые можно считать диагностическими критериями данного заболевания. Это, в первую очередь, дополнительные нефизиологические ритмические паттерны, которые распространяются в коре головного мозга в виде диффузного ритма, характерного для работы активирующей системы мозга [2, 3]. Сформиро-

ванный паттерн довольно точно характеризует тип ишемического процесса, который может быть идентифицирован по особенностям сочетаний и амплитуде спектральных гармоник. Вероятность распознавания раздражителя достоверна, однако существует возможность регистрации и индивидуальных фоновых интероцептивных сигналов от других органов и систем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурсиан А.В. Пейсмекеры висцеральных систем // Успехи физиол. наук. 2008. 39. (4). 3–13.
2. Ваграмян З.А. Осцилляторная нервная сеть в закрытых системах мозга // Вестн. РАУ. Физико-математические и естественные науки. 2008. (1). 102–107.
3. Вартаков А.В. Многофакторный метод разделения ЭЭГ на корковую и глубинные составляющие // Журн. высшей нервной деятельности. 2002. 52. (1). 111–118.
4. Веселов А.А., Шабанов Г.А., Рыбченко А.А., Мельников В.Я. Влияние офтальмологических стимуляторов и блокаторов вегетативных рецепторов на биоэлектрическую активность головного мозга по данным индукционной магнитоэнцефалографии // Дальневосточный медицинский журн. 2011. (1). 62–65.
5. Касьмова М.С. Распространенность и причины нарушений кровообращения в сосудах зрительного нерва // Вестн. офтальмологии. 2002. (5). 51–54.
6. Киселева Т.Н., Кравчук Е.А., Лагутина Ю.М. Влияние вазоактивных препаратов на гемодинамику и зрительные функции у пациентов с хрониче-

ской ишемической нейрооптикопатией // Клиническая офтальмология. 2006. 7. (1). 81–83.

7. Пат. 2217046 РФ. Способ выявления местоположения функционально подобных зон в анатомически завершенных полях рецептивной чувствительности / Г.А. Шабанов, А.А. Рыбченко; опубл. 27.11.2003.

8. Пат. 72395 РФ. Магнитоэнцефалографический спектральный анализатор-сумматор биопотенциалов головного мозга человека / Г.А. Шабанов, А.А. Рыбченко, А.Л. Максимов, Ю.А. Лебедев; опубл. 27.11.2003.

9. Родин А.С. Современные тенденции в технологиях клинической визуализации структур сетчатки на основе оптической когерентной томографии // Рефракционная хирургия и офтальмология. 2009. 9. (4). 18–22.

10. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Акоев И.Г. Ритмическая структура ЭЭГ человека: современное состояние и тенденции исследований // Успехи физиол. наук. 2000. 31. (3). 39–53.

11. Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Рыбченко А.А. Функционально-топическая диагностика организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. Владивосток: Дальнаука, 2011. 206 с.

12. Шабанов Г.А., Рыбченко А.А., Максимов А.Л. Модель активирующей системы пространственной

организации биопотенциалов головного мозга: теоретическое и экспериментальное обоснование // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2005. (1). 49–56.

13. Шабанов Г.А., Рыбченко А.А. Спектральный анализ ритмической активности головного мозга в топической диагностике заболеваний внутренних органов // XVIII Съезд физиол. о-ва им. И.П. Павлова. Казань, 2001. 268–269.

14. Шеповальников А.Н., Цицерошин М.Н., Погосян А.А. О некоторых принципах интеграции биоэлектрической активности пространственно распределенных отделов неокортекса в целостную динамическую систему // Физиология человека. 1995. 21. (5). 36–50.

15. Щуко А.Г., Жукова С.И., Юрьева Т.Н. Ультразвуковая диагностика в офтальмологии. М., 2013. 124 с.

16. Basar E., Basar-Erpglu C., Karakas S. Drain oscillations in perceptions and memory // Int. J. Psychophysiol. 2000. 35. 95–124.

17. Basar E. The theory of the whole-brain-work // Int. J. Psychophysiol. 2006. 60. (2). 133–138.

18. Buzski G., Drguhn A. Neuronal oscillations in cortical networks // Science. 2004. 304. 1926–1929.

19. Cantero J.L., Atienza M., Gomez C., Salas R. Spectral structure and brain mapping of human alpha activities in different arosal states // Neuropsychobiology. 1999. 39. (2). 110–116.

## **PARTICULARITIES OF CONTINUOUS OSCILLATORY BRAIN ACTIVITY IN PATIENTS WITH OCULAR ISCHEMIC SYNDROME**

**Andrej Gennad'evich SHCHUKO<sup>1,2</sup>, Aleksej Aleksandrovich VESELOV<sup>2</sup>,  
Gennadij Anatol'evich SHABANOV<sup>3</sup>, Aleksandr Alekseevich RYBCHENKO<sup>3</sup>,  
Natalia Valer'evna FILINA<sup>4</sup>, Tat'yana Nikolaevna YUR'EVA<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Irkutsk Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
664033, Irkutsk, Lermontov str., 337*

<sup>2</sup> *Irkutsk State Medical University  
664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1*

<sup>3</sup> *Research Center «Arctic» of Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
690022, Vladivostok, Kirov str., 95*

<sup>4</sup> *Vladivostok, State Medical University of Minzdrav of Russia  
690022, Vladivostok, Ostryakov av., 2*

---

Purpose: to define the characteristics of stable functional states of the central nervous system on the basis of registration of brain oscillations in patients with ocular ischemic syndrome. Materials and methods: the study included 32 patients with transient monocular blindness, 41 with acute and 68 with chronic ischemic optic neuropathy, 32 with suspected ocular ischemic syndrome. The diffuse magnetic component of brain potentials was researched using inductive sensors with the determination of mainly long-ongoing rhythmic components using inductive noncontact sensors. Spectral analysis was carried out using the original software package, developed on the basis of SIC «Arctic» of RAS. The obtained information was processed using the original program complex and presenting in the form of a matrix of «multiple functional states» of the organism. Results: The specific rhythmic patterns were revealed in patients with each type of ocular ischemic syndrome. The most specific sign of ocular ischemia was the presence of desynchronization of brain rhythm in the frequency spectrum 6,821–7,564 Hz ( $p < 0.01$ ). Revealed rhythmic patterns allowed distinguishing acute, chronic and early form of ocular ischemic syndrome. It is supposed, that rhythmic patterns are the result of nonspecific brain reticular substance activity.

---

**Key words:** functional state, central nervous system, rhythmic activity, spectral analysis, ocular ischemic syndrome.

**Shchuko A.G.** – doctor of medical sciences, professor, director, head of chair of ocular diseases,  
e-mail: [if@mntk.irkutsk.ru](mailto:if@mntk.irkutsk.ru)

**Veselov A.A.** – candidate of medical science, assistant professor of chair of ocular diseases,  
e-mail: [magicjack@mail.ru](mailto:magicjack@mail.ru)

**Shabanov G.A.** – candidate of biological sciences, senior researcher of neurocybernetics laboratory,  
e-mail: [neuricib@mail.ru](mailto:neuricib@mail.ru)

**Rybchenko A.A.** – doctor of technical sciences, head of the neurocybernetics laboratory,  
e-mail: [neuricib@mail.ru](mailto:neuricib@mail.ru)

**Filina N.V.** – candidate of medical science, assistant professor of chair of ocular diseases

**Iur'eva T.N.** – doctor of medical sciences, professor, deputy director on scientific work,  
e-mail: [tnyurieva@mail.ru](mailto:tnyurieva@mail.ru), [shishkinamntk@mail.ru](mailto:shishkinamntk@mail.ru)