



Примечание: P1 – сокращение предсердий синусового происхождения; R1 – желудочковый комплекс синусового происхождения; P2 – предсердная экстрасистола с уширением зубца P2 более 20 мс от зубца P1, свидетельствующая о развитии межпредсердного блока; P1-P2 – РПпр; V – скорость записи.

Таким образом, предложенные методы оценки электрофизиологических свойств миокарда с помощью суточной регистрации ЭКГ можно рекомендовать в качестве дополнительных, позволяющих расширить клиническое и научное применение данного диагностического инструмента. Предложенные методы могут быть интересны производителям ЭКГ-оборудования, научным сотрудникам и врачам-клиницистам.

Источник финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке конкурса «Ректорские гранты» в рамках договора №17/19-НИР.

### Литература

1. 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring/telemetry / J.S. Steinberg, N. Varma, R. Piotrowicz, et al. // Heart Rhythm. – 2017. – V. 14 (7). – P. 96.
2. Kuzmin A. Device and software for mobile heart monitoring [Текст] / A. Kuzmin, M. Safronov, O. Bodin, M. Petrovsky, A. Sergeenkov // Proceedings of the 19th Conference of Open Innovations Association, FRUCT. – 2016. – P. 121-127.
3. Состояние проводящей системы сердца при симптомной и бессимптомной изолированной мерцательной аритмии у женщин / Н.Е. Дятлов, Ф.К. Рахматуллов, А.М. Куряева, Л.Ф. Бурмистрова, Р.Ф. Рахматуллов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2015. – № 3 (15). – С. 137-143.
4. Third-degree inter-atrial block and supraventricular tachyarrhythmias / A. Bayés de Luna, J. Guindo, X. Viñolas, A. Martinez-Rubio, R. Oter, A. Bayés-Genís // Europace. – 1999. – V. 1. – P. 43-46.

М.Ю. Здорнов, А.Г. Храмов

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ШИЗОФРЕНИИ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

(Самарский университет)

Решение задачи автоматического оценивания признаков цифровой электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в настоящее время, безусловно, актуально, так как способствует более точной оценке текущего физиологического состояния пациента и дает возможность адекватно устанавливать характер заболевания, проводить его диагностику, контролировать эффективность лечения, прогнозировать время и этапы восстановления.



Целью данной работы является обнаружение шизофрении у детей и подростков с помощью цифровой электроэнцефалограммы, используя метод корреляционной синхронности ЭЭГ.

Исходная запись ЭЭГ представляет собой временной ряд, состоящий из 16 каналов ( $F_7, F_3, F_4, F_8, T_3, C_3, C_z, C_4, T_4, T_5, P_3, P_z, P_4, T_6, O_1, O_2$ ) на промежутке времени от 0 до 55 секунд, с шагом 0,005 секунд. Данные записи ЭЭГ взяты из научного центра психического здоровья РАМН [1], они были получены в лаборатории нейрофизиологии этого центра. Данный набор содержит записи 39 детей и подростков в возрасте от 8 до 15 лет с диагнозом шизофрения – основная группа, и 39 записей группы контроля, включающей учащихся различных школ, средний возраст которых аналогичен основной группе. Записи электроэнцефалограмм были сделаны в состоянии бодрствования с закрытыми глазами по системе 10-20% в 16 зонах коры головного мозга с частотой пропускания от 0,5 до 35 Гц и частотой дискретизации 200 Гц.

Перед применением метода анализа корреляционной синхронности требуется произвести предварительную обработку сигнала, которая заключается в следующих шагах:

1. Фурье-фильтрация ЭЭГ-сигнала в пяти частотных диапазонах:  $\delta$  - 0,5 – 4 Гц,  $\theta$  - 4 – 8 Гц,  $\alpha$  - 8 – 13 Гц,  $\beta_1$  - 13 – 20 Гц,  $\beta_2$  - 20 – 32 Гц;
2. Вычисление огибающей [2] от отфильтрованных ЭЭГ-сигналов, которая прямо отображает амплитудную модуляцию ЭЭГ – рисунок 1.
3. Оценка ЭЭГ-синхронизма по коэффициентам корреляции Пирсона [3] между огибающими в сравниваемых парах отведений.

Значимость коэффициентов корреляции оценивается по критерию Стьюдента с вычислением критического значения:

$$r_{кр} = \frac{T^2}{n - 2 + T^2}, \quad (1)$$

где  $T = r_{xy} \sqrt{\frac{n-2}{1-r_{xy}^2}}$  - статистика Стьюдента с  $n-2$  степенями свободы.

Если  $r_{xy} < r_{кр}$ , то коэффициент корреляции считается незначимым (не отличным от нуля).

После получения значений коэффициентов корреляции требуется сформировать признаки, для этого в каждой группе, в каждом частотном диапазоне вычислялись средние значения синхронности между одноименными отведениями (межполушарные различия)  $F_3 - F_4$ ,  $C_3 - C_4$ ,  $P_3 - P_4$ ,  $O_1 - O_2$ , представленные на рисунке 2.

На ряду с межполушарными синхронностями были найдены региональные внутрислошарные различия. Для каждой группы испытуемых и каждого частотного диапазона были вычислены средние значения синхронности для шести регионов мозга: левого и правого лобного ( $F_L, F_R$ ), левого и правого цен-



трального ( $C_L, C_R$ ), левого и правого затылочного ( $O_L, O_R$ ). Соответствующие результаты представлены на рисунке 3.

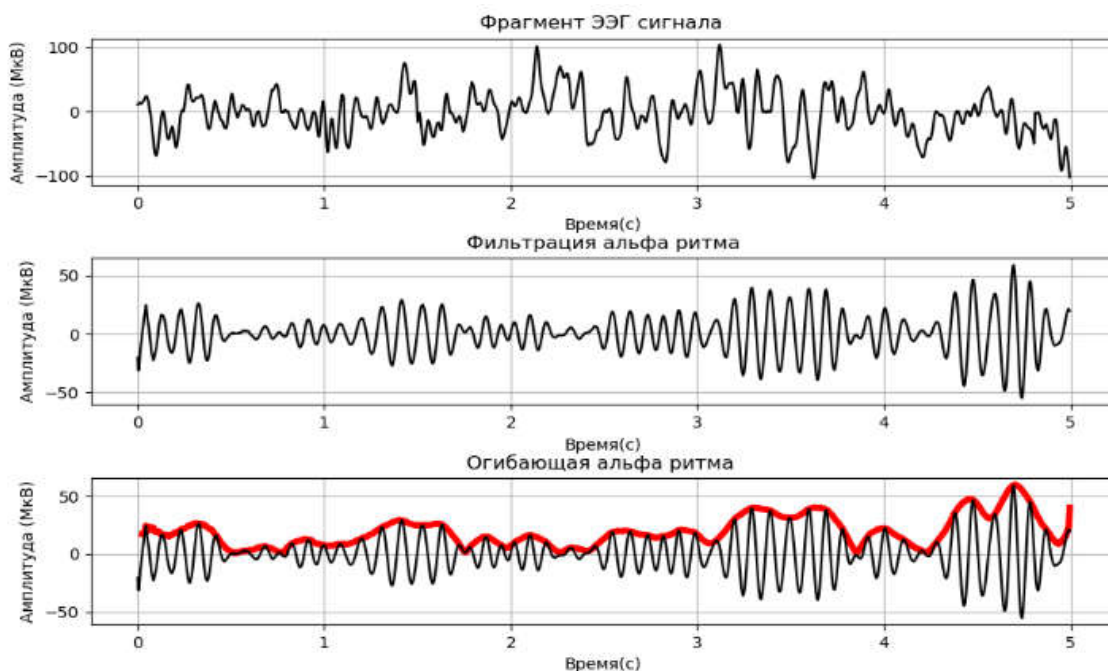


Рис.1. Графики канала ЭЭГ, фильтра в альфа диапазоне и огибающей отфильтрованного сигнала

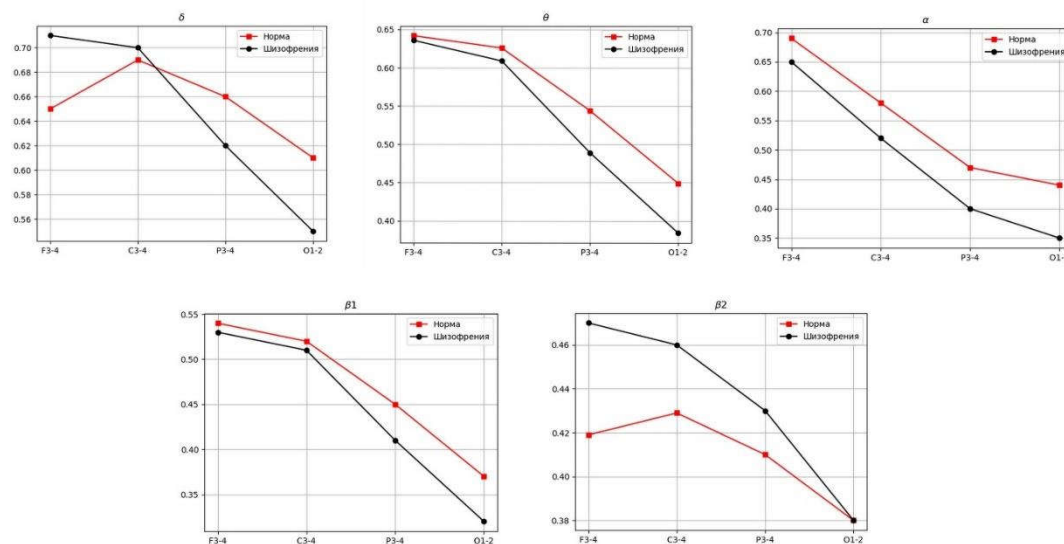


Рис. 2. Различия в межполушарной синхронности в пяти частотных диапазонах

Анализируя результаты, изображенные на рисунке 2, прежде всего следует отметить, что в большинстве случаев наблюдается более высокая межполушарная синхронность в группе контроля относительно группы больных шизофренией. Кроме того, наблюдается уменьшение синхронности в направлении центр, темя, затылок. Наиболее выраженное снижение синхронности в направлении лоб – центр для обеих групп наблюдается только в альфа диапазоне.

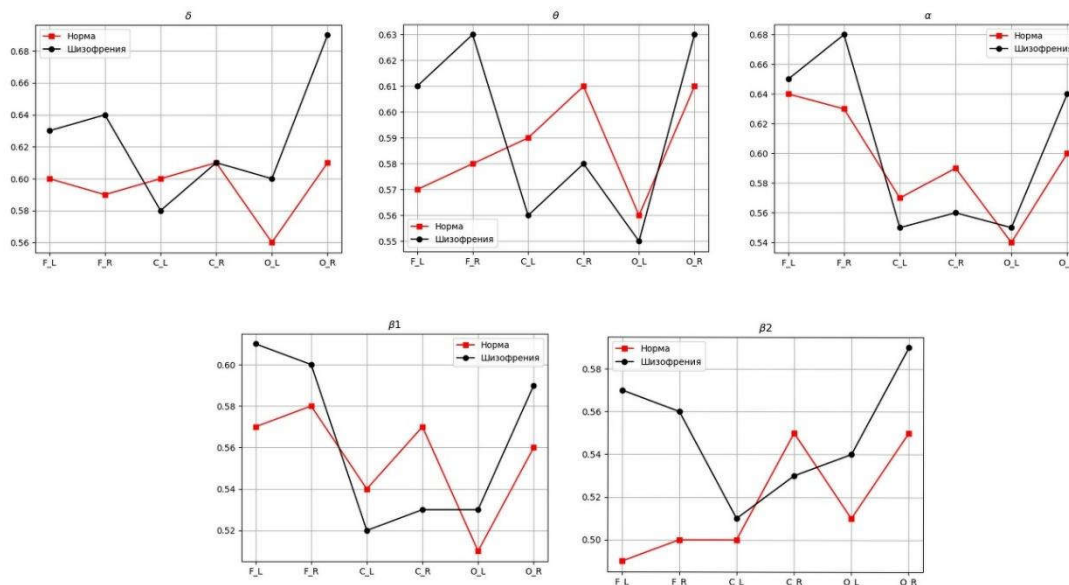


Рис. 3. Региональные внутрислоушарные различия

На рисунке 3 видно, что в группе больных шизофренией наблюдается уменьшение синхронности в центральном регионе по сравнению с лобным и затылочным. Синхронность в группе контроля в центральном регионе оказалась выше по сравнению с группой больных шизофренией. Это совпадает с результатами работ [4,5,6]. Синхронность в группе больных шизофрений в лобном и затылочном регионе в большинстве случаев оказалась выше, чем в группе контроля.

Следующим шагом будет проведение классификации с помощью метода опорных векторов (SVM). Для этого из полученных выше значений межполушарных и внутрислоушарных синхронностей были составлены матрица профилей синхронизма, где столбцы – корреляционные связи между отведениями, а строки – пациенты. Данные матрицы были составлены для пяти частотных диапазонов. Результаты классификации после прохождения кросс-валидации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты классификации

Диапазон	Идентификация шизофрении			Идентификация нормы		
	Верно	Ошибки	Чувствительность	Верно	Ошибки	Специфичность
Альфа	31	8	79%	31	8	79%
Бета1	32	7	82%	32	7	82%
Бета2	30	9	77%	30	9	77%
Тета	27	12	69%	27	12	69%
Дельта	33	6	85%	30	9	77%



В левой части таблицы 1 видно, что при использовании матрицы профилей синхронизма в дельта диапазоне удалось верно определить шизофрению у 33 пациентов из 39 (чувствительность 85%). Как видно из правой части таблицы 1, наилучший результат идентификации нормы дает использование бета1 диапазона (32 здоровых пациента из 39 были классифицированы правильно, специфичность 82%). Точность данного метода составила 78%.

Полученные результаты показывают, что предложенная методика может быть рекомендована к применению на практике для исследования психических заболеваний.

### Литература

1 Кафедра Высшей нервной деятельности биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова [Электронный ресурс] /URL: <http://www.neurobiology.ru/doc/index.php?ID=83> (дата обращения: 15.11.2018).

2 Кулаичев, А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика. Учебное пособие для классического университетского образования. М.: ФОРУМ–ИНФРА-М, 2007. 640 с.

3 Коэффициент корреляции Пирсона [Электронный ресурс] // URL: [http://machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Коэффициент\\_корреляции\\_Пирсона](http://machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Коэффициент_корреляции_Пирсона) (дата обращения: 08.12.2018).

4 Norman, R.M. EEG coherence and syndromes in schizophrenia / R.M. Norman, A.K. Malla, P.C. Williamson, L. Helmes. – Br. J. Psychiatry. – 1997. – P. 411-415.

5 Tauscher, J. Low frontal electroencephalographic coherence in neuroleptic-free schizophrenic patients / J. Tauscher, P. Fischer, A. Neumeister, P. Rappelsberger, S. Kasper/ Biol. Psychiatry. –1998. – P. 438-447.

6 Кулаичев, А.П. Различия показателей синхронности биоэлектрической активности на ЭЭГ у здоровых и больных шизофренией детей и подростков /А.П. Кулаичев, Н.Л. Горбачевская, А.В.Горюнов.– М.: Московский психолого – педагогический университет, 2012. – 60 с.

Э.С. Константинов

### ОЦЕНКА АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПУТЕМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ

(Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева-КАИ)

В настоящее время проведено достаточно много исследований, основанных на косвенном измерении артериального давления. Артериальное давление (АД) является одним из показателей жизнедеятельности, используемых в качестве показателя состояния здоровья человека. Состояние АД выше нормальных значений называется гипертонией [1]. Непрерывный мониторинг повышенного