

# Исследование нейрофизиологических закономерностей болезни Паркинсона на первой стадии методом анализа всплескообразной электрической активности

О.С. Сушкова  
Институт радиотехники и  
электроники им. В.А. Котельникова  
РАН  
Москва, Россия  
o.sushkova@mail.ru

А.А. Морозов  
Институт радиотехники и  
электроники им. В.А. Котельникова  
РАН  
Москва, Россия  
morozov@cplire.ru

А.В. Габова  
Институт высшей нервной  
деятельности и нейрофизиологии  
РАН  
Москва, Россия  
agabova@yandex.ru

А.В. Карабанов  
Научный центр неврологии  
Москва, Россия  
doctor.karabanov@mail.ru

С.Н. Иллариошкин  
Научный центр неврологии  
Москва, Россия  
snillario@gmail.com

**Аннотация**—Метод анализа всплескообразной электрической активности применён для изучения нейрофизиологических закономерностей в электромиографических сигналах у пациентов с болезнью Паркинсона на первой стадии. Исследованы параметры разных видов тремора. Обнаружена статистически значимая отрицательная корреляция между количеством всплесков паркинсонического и физиологического тремора у пациентов на первой стадии болезни Паркинсона, а также статистически значимая отрицательная корреляция между количеством всплесков физиологического тремора и возрастом пациентов.

**Ключевые слова**— болезнь Паркинсона, электромиограмма, ЭМГ, вейвлет-спектрограмма, метод анализа всплескообразной электрической активности, тремор конечностей, AUC-диаграммы, ROC-анализ.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Для исследования нейрофизиологических закономерностей в электромиографических (ЭМГ) сигналах у пациентов с болезнью Паркинсона (БП) был применён инструментальный разработанный ранее авторами метода анализа всплескообразной электрической активности. Изначально параметры всплескообразной электрической активности в сигналах изучались авторами в качестве метрик, позволяющих эффективно распознавать некоторые нейродегенеративные заболевания, такие как БП и эссенциальный тремор (ЭТ). В настоящем исследовании нами показано, что данные метрики отражают нейрофизиологические закономерности протекания БП на первой стадии. Были исследованы параметры разных видов тремора, а именно, паркинсонического (3-7 Гц) и физиологического (8-20 Гц) тремора. С помощью анализа всплескообразной электрической активности была обнаружена отрицательная корреляция между количеством всплесков паркинсонического и физиологического тремора у пациентов на первой стадии БП. Кроме того, была обнаружена корреляция между количеством всплесков физиологического тремора и возрастом пациентов.

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Осуществлялось сравнение групп пациентов на первой стадии БП с тремором левой руки (10 человек) и тремором правой руки (12 человек) с группой здоровых добровольцев (10 человек).

Для анализа параметров всплесков использованы AUC-диаграммы [1-7]. Ранее эта техника была успешно применена для анализа электроэнцефалографических сигналов [2-4] и сигналов акселерометра [7]. На Рис. 1 и 2 приведены результаты анализа.

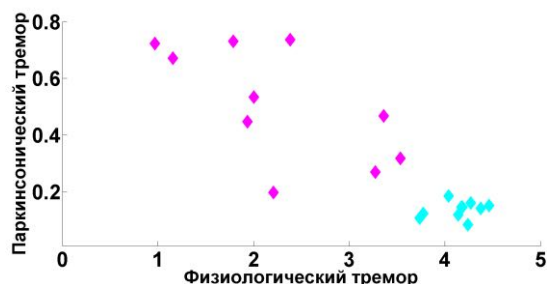


Рис. 1. Диаграммы рассеяния количества всплесков для левых рук пациентов с БП

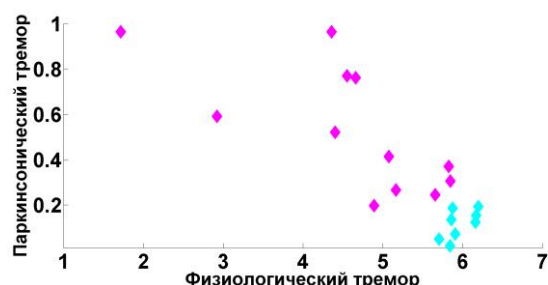


Рис. 2. Диаграммы рассеяния количества всплесков для правых рук пациентов с БП

Диаграммы рассеяния демонстрируют количество всплесков в секунду, обнаруженных в мышце-разгибателе треморных рук пациентов с БП. По оси

абсцисс отложено количество всплесков в секунду, соответствующих частотному диапазону физиологического тремора; по оси ординат – паркинсонического тремора. Пациенты с БП обозначены фиолетовым цветом. Контрольные испытуемые обозначены голубым цветом. На Рис. 1 показана диаграмма для левой руки испытуемых. На Рис. 2 – для правой руки испытуемых. Облако точек пациентов с БП расположено перпендикулярно диагонали диаграммы рассеяния, что свидетельствует об отрицательной корреляции между количеством всплесков, соответствующих частотам физиологического и паркинсонического тремора. Корреляция является статистически значимой у пациентов с тремором правой руки (Рис. 2); коэффициент корреляции Спирмена  $-0.75$ ,  $p\text{-value}<0.01$ . Исследование всплесков у пациентов с БП с тремором левой руки выявило статистическую тенденцию (коэффициент корреляции Спирмена  $-0.5$ ,  $p\text{-value}<0.16$ ) (Рис. 1). Отрицательная корреляция между количеством всплесков в частотных диапазонах, соответствующих паркинсоническому и физиологическому тремору, указывает на взаимное отрицательное влияние некоторых нейрофизиологических механизмов, лежащих в основе обоих типов тремора.

Также отметим, что анализ корреляции между количеством всплесков в частотном диапазоне физиологического тремора на мышцах-разгибателях и возрастом пациентов с БП выявил существенные различия между пациентами с правосторонним и левосторонним дебютом БП. Диаграмма рассеяния (Рис. 3) демонстрирует связь между количеством всплесков в левых треморных руках и возрастом пациентов с БП. По оси абсцисс – возраст пациентов; по оси ординат – количество всплесков в секунду, соответствующих частотному диапазону физиологического тремора. Статистически значимая корреляция была обнаружена только у пациентов с БП с тремором левой руки. Коэффициент корреляции Спирмена составил  $-0.74$ ,  $p\text{-value}<0.02$ .

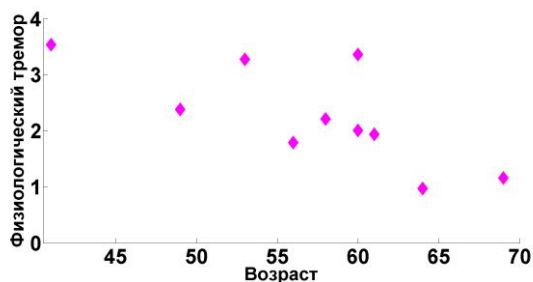


Рис. 3. Зависимость количества всплесков от возраста пациентов с БП. Левые треморные руки

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаружены новые нейрофизиологические закономерности в данных ЭМГ у пациентов с БП. Выявленные закономерности проливают свет на нейрофизиологические процессы, протекающие в коре головного мозга, и позволяют выдвинуть гипотезы [1], объясняющие механизмы взаимодействия различных структур мозга у пациентов с БП.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность д.ф.-м.н. Обухову Ю.В. за помощь в проведении исследований. Работа выполнена в рамках государственного задания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sushkova, O.S. A statistical method for exploratory data analysis based on 2D and 3D area under curve diagrams: Parkinson's disease investigation / O.S. Sushkova, A.A. Morozov, A.V. Gabova, A.V. Karabanov, S.N. Illarionov // *Sensors*. – 2021. – Vol. 21(14). – P. 4700. DOI: 10.3390/s21144700.
- [2] Sushkova, O.S. Data mining in EEG wave trains in early stages of Parkinson's disease / O.S. Sushkova, A.A. Morozov, A.V. Gabova // *Advances in Soft Computing: Proceedings 15th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, MICAI, Cancun, Mexico*. – Cham: Springer International Publishing, 2017. – Vol. 2. – P. 403-412. DOI: 10.1007/978-3-319-62428-0\_32.
- [3] Сушкова, О.С. Применение метода анализа всплескообразной электрической активности мозга для выявления особенностей ЭЭГ пациентов на ранней стадии болезни Паркинсона / О.С. Сушкова, А.А. Морозов, А.В. Габова, А.В. Карабанов // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. – 2018. – Т. 118, № 7. – С. 45-48. DOI: 10.17116/jnevro20181187145.
- [4] Sushkova, O.S. Investigation of Specificity of Parkinson's Disease Features Obtained Using the Method of Cerebral Cortex Electrical Activity Analysis Based on Wave Trains / O.S. Sushkova, A.A. Morozov, A.V. Gabova // *13th International Conference on Signal-Image Technology and Internet-Based Systems, India*. – Jaipur: MNIT, 2017. – P. 168-172. DOI: 10.1109/SITIS.2017.37.
- [5] Sushkova, O.S. Investigation of Surface EMG and Acceleration Signals of Limbs' Tremor in Parkinson's Disease Patients Using the Method of Electrical Activity Analysis Based on Wave Trains / O.S. Sushkova, A.A. Morozov, A.V. Gabova, A.V. Karabanov // *Advances in Artificial Intelligence: Proceedings 16th Ibero-American Conference on AI, IBERAMIA, Trujillo, Peru*. – Springer Nature Switzerland AG. – 2018. – Vol. 11238 LNAI. – P. 253-264. DOI: 10.1007/978-3-030-03928-8\_21.
- [6] Sushkova, O.S. Investigation of the multiple comparisons problem in the analysis of the wave train electrical activity of muscles in Parkinson's disease patients / O.S. Sushkova, A.A. Morozov, A.V. Gabova, A.V. Karabanov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – Vol. 1368(5). – P. 052004. DOI: 10.1088/1742-6596/1368/5/052004.
- [7] Sushkova, O.S. An Investigation of Accelerometer Signals in the 0.5-4 Hz Range in Parkinson's Disease and Essential Tremor Patients / O.S. Sushkova, A.A. Morozov, A.V. Gabova, A.V. Karabanov, L.A. Chigaleychik // *Advances in Intelligent Systems and Computing: Proceedings of International Conference on Frontiers in Computing and Systems (COMSYS), Jalpaiguri Government Engineering College, West Bengal, India*. – 2021. – Vol. 1255. – P. 455-462. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-7834-2\\_43](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7834-2_43).