

АНАЛИЗ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ СТИМУЛЯЦИИ ИМПУЛЬСНЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Круглик Е. В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе исследуется влияние однократного сеанса импульсной магнитной стимуляции на биоэлектрическую активность жевательных и височных мышц. Проведен анализ электромиограмм (ЭМГ), зарегистрированных до и после воздействия импульсного магнитного поля (ИМП). Выявлено увеличение корреляции сигналов с парных мышц, что свидетельствует о нормализации нейромоторного контроля. Описана методика регистрации и обработки данных с использованием электронейромиографа «Мицар-ЭЭГ-10/70-201».

Ключевые слова: жевательные мышцы, височная мышца, электромиография, импульсная магнитная стимуляция, биоэлектрическая активность, нейромоторный контроль

Введение. Исследование биоэлектрической активности жевательных мышц представляет собой важное направление в нейрофизиологии и медицине, поскольку состояние этих мышц отражает не только локальную двигательную функцию, но и общее взаимодействие между нервной и мышечной системами. Биоэлектрическая активность этих мышц, отражающая процессы генерации и распространения потенциалов действия, может быть объективно оценена с помощью метода поверхностной электромиографии (ЭМГ) [1]. Данный метод является важным диагностическим инструментом, позволяющим выявлять характерные изменения амплитудных и частотных параметров ЭМГ-сигналов при различных патологиях. Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки новых методов функциональной диагностики и терапии нарушений жевательных функций, основанных на воздействии физическими факторами [2].

Основная часть. Целью работы является анализ изменений биоэлектрической активности жевательных и височных мышц до и после воздействия импульсного магнитного поля. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: реализовать методику регистрации и обработки ЭМГ-сигналов, проанализировать полученные данные на предмет выявления закономерностей в изменении мышечной активности под воздействием магнитной стимуляции.

Для получения ЭМГ-сигналов использовался электроэнцефалограф «Мицар-ЭЭГ-10/70-201», который применялся в режиме регистрации миографических сигналов. Методика съёма данных включала несколько этапов. Первоначально производилась настройка электроэнцефалографа: фильтр верхней частоты выставлялся равным 0,16 Гц; фильтр нижней частоты – 30 Гц; режекторный фильтр «50 Гц»; чувствительность 15 мкВ/см; скорость развертки 60 мм/с.

Система настраивалась таким образом, чтобы расположить по 2 электрода на жевательной и 2 электрода на височной мышцах с каждой стороны головы. Поверхностные электроды устанавливались на область височной впадины на мышцу Temporalis и на мышцу Masseter. Для лучшей передачи данных на электроды перед установкой наносился медицинский гель. После установки электродов контролировался уровень импеданса, который не должен был превышать 10 кОм. При необходимости производилась переустановка электродов для достижения качественного контакта.

Протокол регистрации включал запись ЭМГ в состоянии покоя с открытыми глазами, в состоянии покоя с закрытыми глазами, а также при функциональной пробе (сжатие и разжатие челюсти). После проведения регистрации производилась стимуляция импульсным магнитным полем. Для этого подготавливался аппарат транскраниальной магнитной стимуляции с кольцевым индуктором. Длительность процедуры составляла 1 минуту, частота импульсов 12 Гц, скважность между импульсами – 0 секунд. Мощность сигнала выставлялась индивидуально для пациента (в диапазоне 11-14%). Стимуляция

проводилась последовательно с правой, затем с левой стороны лица. Сразу после завершения стимуляции производилось повторное подключение электродов и регистрация ЭМГ по той же методике.

Математическая обработка данных выполнялась в среде MATLAB. Анализировались два ключевых параметра: коэффициент корреляции Пирсона между сигналами с парных жевательных мышц (показатель синхронности работы), а также изменения спектра мощности сигнала.

В ходе анализа полученных данных были выявлены следующие закономерности. До стимуляции левая и правая жевательные мышцы работали более независимо. После проведения стимуляции импульсными магнитными полями был зафиксирован рост корреляции их электрической активности на 0,00625. Данный показатель указывает на слабую тенденцию к увеличению синхронности работы мышечных групп.

Анализ спектра мощности ЭМГ-сигнала показал, что изменения оказались незначительными. На некоторых участках частотного спектра наблюдались локальные сдвиги мощности, не превышающие 4 дБ/Гц. Это означает, что общая энергетика сигнала осталась стабильной, то есть не произошло резкого усиления или ослабления общей мышечной активности. Сдвиги на 4 дБ/Гц в отдельных частотных диапазонах указывают на возможную перенастройку узких частей мышечной активации, но не о полном изменении режима работы мышцы.

Также значимым результатом проведенного исследования является увеличение межсторонней кросс-корреляции электромиографических сигналов после воздействия импульсным магнитным полем. Кросскорреляционный анализ позволяет оценить степень сходства и синхронности двух сигналов. Применительно к жевательной мускулатуре, показатель кросс-корреляции между сигналами, зарегистрированными с правой и левой жевательных мышц, отражает степень скоординированности их работы в процессе выполнения функции.

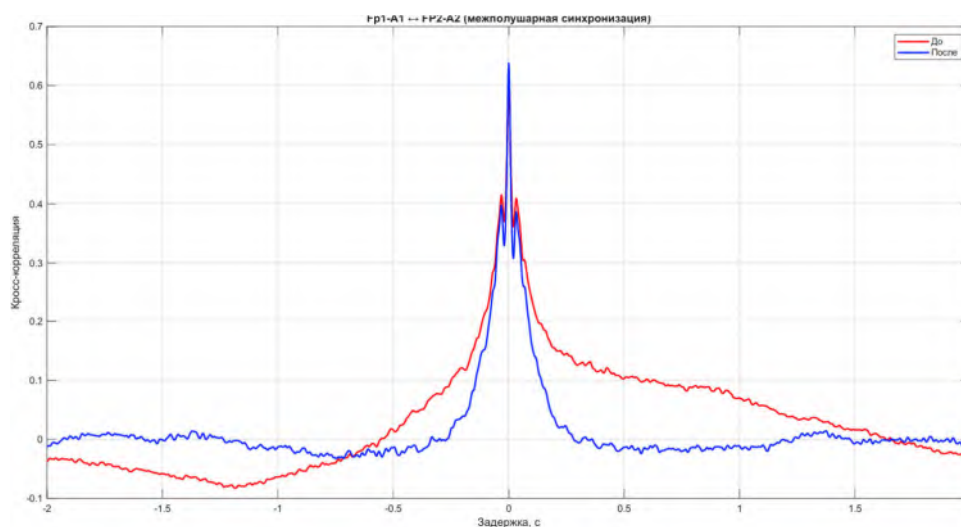


Рисунок 1 – Межсторонняя кросс-корреляция.

Таким образом, эффект стимуляции проявился в большей степени в синхронизации, чем в усилении активации, а также носит более индивидуальный характер. Основным результатом заключается в улучшении координации между мышцами. Незначительные изменения в спектре мощности при росте корреляции свидетельствуют о том, что стимуляция в первую очередь повлияла на координационный, а не на энергетический аспект работы жевательной мускулатуры. Это может говорить о нормализации нейромоторного контроля без существенного изменения общего мышечного тонуса.

Практическая значимость результатов:

1 Подтверждают эффективность однократного воздействия ИМП (аппарат «Нейро МС-Д» с параметрами 12 Гц, 60 сек, индивидуальной мощности (11-14%)) для быстрой модуляции функционального состояния жевательных мышц.

2 Предлагают объективные нейрофизиологические маркеры для оценки немедленного эффекта стимуляции – рост межканальной корреляции ЭМГ.

3 Обосновывают перспективность применения методики в комплексной реабилитации пациентов с дисфункцией ВНС, миофасциальным болевым синдромом, последствиями неврологических нарушений, а также для мониторинга эффективности лечения.

Заключение. В рамках проведенного исследования был выполнен анализ влияния однократного сеанса импульсной магнитной стимуляции на биоэлектрическую активность жевательной и височной мускулатуры. Регистрация поверхностной электромиографии до и после воздействия позволила выявить характерные изменения.

Подтверждено нормализующее влияние ИМП на координацию мышц. Ключевым результатом является увеличение коэффициента корреляции Пирсона между сигналами с парных жевательных мышц после стимуляции. Это прямо указывает на повышение синхронности и скоординированности их работы. Данный эффект согласуется с теоретическими положениями о действии ИМП на нейромоторный контроль и соответствует клинической цели – восстановлению баланса и кооперации в работе мышечного аппарата.

Выявлена избирательность эффекта стимуляции. Незначительные изменения в спектре мощности ЭМГ-сигнала при выраженном росте межмышечной корреляции позволяют сделать вывод о преимущественном влиянии ИМП на координационный аспект мышечной функции. Стимуляция привела к оптимизации паттерна нейромоторной активации без существенного изменения общего уровня мышечного тонуса.

Практическая значимость результатов заключается в подтверждении эффективности однократного воздействия ИМП для быстрой модуляции функционального состояния жевательных мышц. Обоснована перспективность применения методики в комплексной реабилитации пациентов с дисфункцией ВНС, последствиями неврологических нарушений, а также для мониторинга эффективности лечения.

Список литературы

1. Зименко, К.А. Анализ и обработка сигналов электромиограммы / К.А. Зименко, Л.С. Борзуль, Л.Л. Маргун // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 1(83). – С. 41-43.
2. Niedermeyer, E. *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields* / E. Niedermeyer, F.L. da Silva. – 6th ed. – Lippincott Williams & Wilkins, 2011. – 864 с.
3. Rossini, P.M. *Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee* / P.M. Rossini, D. Burke, R. Chen et al. // *Clinical Neurophysiology*. – 2015. – № 6. – С. 1071–1107.
4. Beaulieu, C. *Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on normal or impaired motor control. A review* / C. Beaulieu, C. Schneider // *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. – 2013. – № 4. – С. 251–260.

UDC 612.741.16:616.742.71:615.847.8

ANALYSIS OF BIOELECTRIC ACTIVITY OF MASTICATORY MUSCLES AFTER STIMULATION BY PULSED MAGNETIC FIELDS

Kruglik E. V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilov I.V. – Senior Lecturer at the Department of ETT

Annotation. The paper examines the effect of a single session of pulsed magnetic stimulation on the bioelectric activity of the masticatory and temporal muscles. The analysis of electromyograms (EMG) recorded before and after exposure to a pulsed magnetic field (IMF) is carried out. An increase in the correlation of signals from paired muscles was revealed, which indicates the normalization of neuromotor control. A method for recording and processing data using the Micar-EEG-10/70-201 electroneuromyograph is described.

Keywords: masticatory muscles, temporal muscle, electromyography, pulsed magnetic stimulation, bioelectric activity, neuromotor control