

ВЛИЯНИЕ МЕЖЭЛЕКТРОДНОГО РАССТОЯНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ

А.Н. ОСИПОВ, В.М. БОНДАРИК, Д.Ф. КУЗНЕЦОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
osipov@bsuir.by

Представлены экспериментальные данные зависимостей средней амплитуды и энергии ЭМГ-сигналов от расстояния между электродами. Установлено, что изменение межэлектродного расстояния оказывает влияние на зарегистрированный ЭМГ-сигнал мышцы *m. gastrocnemius medialis*.

Ключевые слова: электромиография, поверхностные электроды, амплитуда электромиограммы, энергия электромиограммы.

В настоящее время в функциональной диагностике широкое распространение получила электромиография (ЭМГ) с применением различных методов обработки полученных данных. Однако в литературе отсутствуют сравнительные результаты исследований поверхностных ЭМГ-сигналов, полученных при различных конструктивных параметрах электродов. Целью данной работы стало изучение влияния расстояния между электродами на энергетические характеристики ЭМГ-сигнала.

Для регистрации биоэлектрической активности использовался аппаратно-программный комплекс, который включал в себя блок электродов, блок усилителя, модуль ввода-вывода аналоговых сигналов, компьютер со специальным программным обеспечением. Используемое программное обеспечение, позволяло обрабатывать ЭМГ в режиме реального времени, рассчитывать параметры и значений средних амплитуд и мощности сигнала [1].

В исследовании приняли участие в качестве испытуемых 17 мужчин (в возрасте от 18 до 23 лет). Исследования проводились в области задней поверхности голени (проекция икроножной мышцы *m. gastrocnemius medialis*) по приведенной ниже методике.

В используемой системе для исследования влияния расстояния между электродами на параметры ЭМГ-сигнала межэлектродное расстояние варьировалось от 5 до 30 мм при неизменной площади электродов. Электроды располагались вертикально вдоль двигательных единиц исследуемой мышцы и фиксировались жгутами.

Биоэлектрическая активность мышцы *m. gastrocnemius medialis* регистрировалась при ее максимальном произвольном концентрическом напряжении. Тестовое движение выполнялось по следующему алгоритму:

- сокращение мышцы за $1,5 \pm 0,5$ с;
- удержание мышцы в состоянии максимального сокращения в течение $4,0 \pm 0,5$ с;
- расслабление мышцы за $1,5 \pm 0,5$ с.

Экспериментальные данные передавались в компьютер и сохранялись в базе данных. Затем производился анализ результатов, поиск закономерностей между энергетическими характеристиками сигналов и параметрами электродов.

Поскольку амплитуда и мощность полученных электромиограмм у испытуемых имели вариативный характер, обусловленный индивидуальными физическими данными, для повышения наглядности результатов анализа экспериментальных данных была

выполнена их нормализация. Максимальное значение амплитуды (A_{max}) и мощности (E_{max}) в полученных электромиограммах наблюдались при межэлектродном расстоянии 30 мм. Относительно данных значений рассчитывались оставшиеся значения параметров. Нормализация данных выполнялась по формулам:

$$A_{норм} = \frac{A_{cp}}{A_{max}}, \quad (1)$$

$$E_{норм} = \frac{E_{cp}}{E_{max}}, \quad (2)$$

где A_{cp} , E_{cp} – средняя амплитуда спектральных отсчетов при максимуме сокращения мышцы и среднее значение мощности для зарегистрированных сигналов.

Количественное исследование средней амплитуды ЭМГ-сигнала мышцы *m. gastrocnemius medialis* показало, что увеличение межэлектродного расстояния с 5 мм до 30 мм приводит к практически линейному росту амплитуды ЭМГ-сигнала примерно в 1,6 раза (рис. 1, а). При увеличении расстояния между электродами в исследуемом диапазоне средняя мощность ЭМГ-сигнала растет, как и следовало ожидать, квадратично, (рис. 1, б) и возрастает примерно в 2,6 раза.

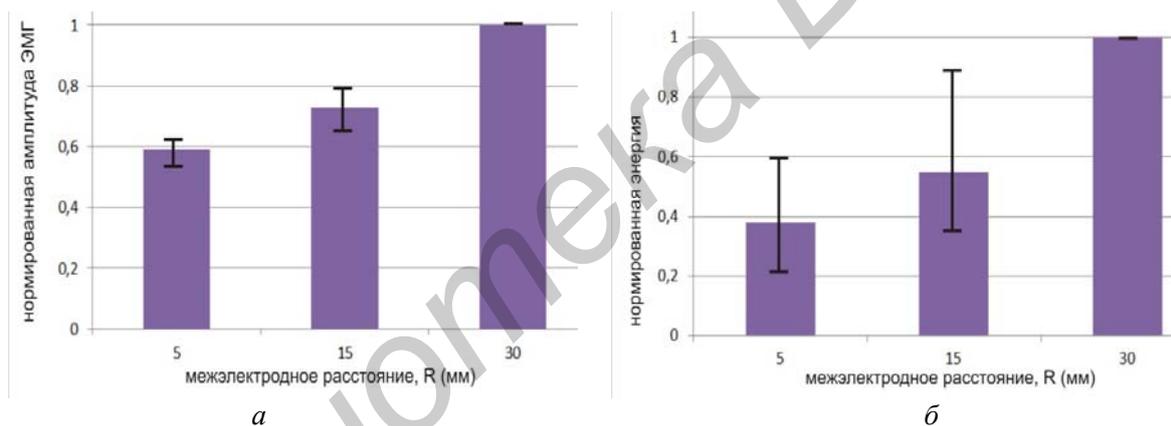


Рис. 1. Изменение средней амплитуды выраженной в нормированных единицах $A_{норм}$ (а) и средней энергии выраженной в нормированных единицах $E_{норм}$ (б) в зависимости от межэлектродного расстояния для ЭМГ-сигнала мышцы *m. gastrocnemius medialis*

Проводимость мышечных тканей обусловлена сложнейшими биохимическими и биофизическими процессами. Линейность полученной зависимости амплитуды ЭМГ-сигнала от расстояния между электродами позволяет считать, что в рассмотренном интервале мышечное волокно можно считать однородным проводником.

Выявленные закономерности позволили сделать вывод о том, что для повышения точности и объективности диагностических исследований методами поверхностной электромиографии необходимо контролировать межэлектродное расстояние.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке новых методик регистрации электромиограмм и технических средств для их реализации.

Список литературы

1. Осипов А.Н., Давыдов М.В. / Докл. БГУИР. 2005. №3 (11). С. 53-58.