

УДК 621.317:616.74

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ
МЫШЦ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОРТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ**

Шаулев А.А., студент гр. ЭАм-251, I курс
Научный руководитель: Шаулева Н.М., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные методы регистрации биопотенциалов мышц, используемые в медицинской практике и спорте. Проведен анализ существующих электромиографов, их достоинств и недостатков. Особое внимание уделено перспективам применения беспроводных носимых устройств для оценки мышечной активности при выполнении физических упражнений. Результаты анализа обосновывают необходимость разработки портативного беспроводного датчика для электромиографии.

Ключевые слова: электромиография (ЭМГ), биопотенциалы мышц, беспроводные датчики, нагрузочное тестирование, носимые медицинские устройства.

В настоящее время, на замену громоздким и проводным устройствам приходят их уменьшенные и беспроводные копии, сфера медицинской техники не исключение. Беспроводные носимые медицинские изделия, к примеру портативные электрокардиографы, облегчают проведение нагрузочных тестов. Отсутствие проводов не сковывает движения пациента, что благоприятно влияет на результаты тестов [1].

В последние годы наблюдается рост популярности посещения тренажерных залов среди всех возрастных категорий граждан. В связи с этим, в жизнь людей активно вошли фитнес-браслеты, содержащие в себе множество датчиков, отслеживающих различные параметры здоровья, такие как пульс, насыщение крови кислородом, в некоторых случаях даже электрокардиограмму. При ведении здорового образа жизни и занятиях спортом, подобные носимые устройства значительно облегчают сбор информации о состоянии человека - ему не нужно обвешиваться множеством датчиков с проводами, которые препятствуют физической активности.

Для спортсменов наиважнейшим показателем является степень нагрузки мышц при выполнении упражнений. Многие начинающие спортсмены могут не знать правильной техники упражнений, что не позволяет правильно нагрузить целевую группу мышц.

Целью данной работы является обоснование разработки комплекса портативных беспроводных датчиков для электромиографии (ЭМГ), позволяющего проводить нагрузочные тесты без ограничения движений проводами, а также оценивать корректность техники упражнений. В рамках данной статьи проведен анализ физических основ регистрации биопотенциалов и существующих решений на рынке.

Биопотенциалы мышц представляют собой электрические потенциалы, возникающие при возбуждении мышечных волокон в момент распространения волны возбуждения. Возбудимость мышцы – это способность мышцы отвечать на действие раздражителя изменением ионной проницаемости мембраны мышечного волокна и формированием потенциала действия. В физиологии различают два основных типа биопотенциалов: потенциал покоя (80-90 мВ), являющийся разностью потенциалов между наружной и внутренней поверхностью мембраны в состоянии покоя, и потенциал действия (120-130 мВ) – волна возбуждения, перемещающаяся по мембране живой клетки в процессе передачи нервного сигнала [2]. Мышечный сигнал характеризуется частотным диапазоном от 5 до 500 Гц, что зависит от типа исследуемой мышцы.

Метод регистрации и анализа биологической активности мышечных волокон называется электромиографией (ЭМГ). Существует два основных подхода к регистрации сигнала:

1. Точечная (игольчатая) электромиография – инвазивный метод, использующий игольчатые электроды, вводимые под кожу. Он позволяет точно исследовать локальные зоны и активность отдельных мышечных волокон, но имеет ограничения для динамических тестов.

2. Суммарная (поверхностная) электромиография – неинвазивный метод, при котором накожные электроды крепятся на поверхность кожи. Этот метод подходит для тестирования крупных мышечных групп и функциональных тестов, так как безопасен и не ограничивает движения испытуемого [3].

В рамках разработки портативного устройства для спортсменов и нагрузочных тестов предпочтение отдается поверхностной ЭМГ.

Для регистрации биопотенциалов мышц традиционно используются электромиографы. Типовой миограф включает первичный преобразователь сигнала (электроды), устройство предварительной обработки и блок передачи данных на ПК [4].

На рынке представлены как стационарные, так и беспроводные решения. Одним из распространенных стационарных приборов является электромиограф «Синапсис» (Нейротех). Его характеристики: 4 канала, диапазон измерений 20-100000 мкВ, уровень шумов не более 3 мкВ. Прибор оснащен мощным программным обеспечением для спектрального анализа. Однако его габариты (225×220×72 мм) и наличие проводов делают его малоприспособленным для интенсивных нагрузочных тестов, где важна свобода движений.

В качестве альтернативы рассматривается система Callibri Muscle Tracker. Это система регистрации биопотенциалов мышц спортсмена при выполнении различных упражнений с использованием Bluetooth-связи между

датчиком и персональным компьютером. Данный комплекс датчиков используется в основном в активных видах спорта, таких как пауэрлифтинг, бодибилдинг, кроссфит. Основные характеристики: диапазон измеряемых напряжений 0 – 2,4 В, время непрерывной работы не менее 6 часов. Система поставляется с собственным программным обеспечением. Несмотря на очевидные преимущества в виде отсутствия проводов и компактности, главным недостатком является высокая стоимость: 99 000 рублей за комплект из двух датчиков и 150 000 рублей за комплект из четырех.

Расшифровка результатов электромиографии позволяет оценить функциональное состояние мышц. По изменению амплитуды колебаний специалист может диагностировать различные состояния:

1. Амиотрофия – патология, характеризующаяся потерей мышечной массы. При исследовании регистрируется увеличение амплитуды колебаний;
2. Миастения – синдром, характеризующийся мышечной утомляемостью. При исследовании регистрируется уменьшение амплитуды колебаний.
3. Тремор – регистрируется резкое повышение амплитуды колебаний.

В контексте спортивной медицины и реабилитации ключевым является не столько постановка клинического диагноза, сколько регистрация амплитуды биопотенциалов для оценки вовлеченности мышц при выполнении определенных движений. Это необходимо для изменения техники выполнения упражнения и предотвращения травм.

Проведенный анализ показывает, что существующие стационарные системы ЭМГ обладают высокой точностью, но ограничены в применении из-за громоздкости и наличия проводов. Беспроводные аналоги, такие как Callibri Muscle Tracker, имеют высокую стоимость, что исключает возможность их применения рядовыми потребителями.

Актуальной задачей является разработка экономически доступного портативного беспроводного датчика для поверхностной электромиографии, способного регистрировать сигнал в частотном диапазоне 5-500 Гц и передавать данные на персональное устройство для визуализации. Такой датчик должен обеспечивать длительную автономную работу и быть удобным в использовании. В следующей части работы будут рассмотрены вопросы проектирования структурной и принципиальной схемы такого устройства.

Список литературы:

1. Рылова, Н.В. Кардиореспираторное нагрузочное тестирование в спортивной медицине / Н.В. Рылова, А.А. Биктимирова, А.С. Самойлов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2014. – №3. – С. 103-108.
2. Зверев, А.А. Физиология мышц: учебно-методическое пособие для студ. высш. учебн. заведений / А.А. Зверев, Т.А. Аникина, А.В. Крылова, Т.Л. Зефирова. – Казань: КФУ, 2016. – С 41.
3. Павленкович, С.С. Краткий курс лекций по физиологии возбудимых тканей: учебное пособие для студентов Института физической культуры и спорта

/ С.С. Павленкович. – Саратов: Изд-во Саратовского государственного университета, 2019. – С 50.

4. Калакутский, Л. И. Электронный компьютерный миограф / Л. И. Калакутский, Д. А. Абрамов, Ф. А. Беянин, А. В. Никонов // Актуальные проблемы радиоэлектроники / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; [под общ. ред. Ю. Ф. Широкова]. – Самара : СГАУ, 2002. – Вып. 7. – С. 4-7.