

ОБРАБОТКА СИГНАЛА ЭМГ НА ОСНОВЕ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО МЕТОДА ДЛЯ ТЕРАПИИ

Прасол И.В., Ерошенко О.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Науки 14, каф. биомедицинской инженерии, тел. (057) 702-13-64,
E-mail: olha.yeroshenko@nure.ua

It is proposed to use the information frequency-time method of EMG analysis to obtain a qualitative and quantitative assessment of the human neuromuscular system state for selecting the optimal parameters of stimulating effects during electrotherapeutic massage procedures. It allows to increase the effectiveness of therapy and reduce the duration.

Введение. Широкое распространение травм у населения, спортсменов, а также определенной категории работников обуславливает необходимость подбора соответствующих каждому конкретному случаю реабилитационных процедур с последующим контролем их эффективности. В данной работе предлагается использовать информационный частотно-временной метод анализа электромиограммы (ЭМГ) для получения качественной и количественной оценки состояния нервно-мышечной системы человека с целью выбора оптимальных параметров стимулирующих воздействий при проведении электротерапевтических процедур, что в конечном счете позволяет повысить их эффективность.

Основная часть. Один из основных методов исследования нервно-мышечной системы человека - электромиография, которая основывается на регистрации биоэлектрических сигналов мышц с помощью накожных электродов. Сигнал ЭМГ имеет низкочастотный характер (наименее искаженный и достоверный сигнал ЭМГ находится в диапазоне частот 15–150 Гц), крайне мал, требует значительного усиления (от 10^4 до 10^6 раз) и содержит различные помехи – аддитивные (синфазные и дифференциальные) и мультипликативные, большинство шумов сигнала высокочастотны. Компьютерные системы измерения и обработки медико-биологической информации, использующие современные программные средства, существенно расширяют диагностические возможности современной медицины.

Биоэлектрическая активность мышцы в состоянии изометрического напряжения представлена электромагнитными колебаниями функционирующих в ней двигательных единиц. Запись поверхностной (глобальной, интерференционной) электромиограммы представляет собой суммарную разность биоэлектрических потенциалов всех мышечных волокон, расположенных в проекции накожного электрода. В начале сокращения амплитуда может несколько увеличиваться вместе с вовлечением и синхронизацией максимального количества двигательных единиц, затем, по мере развития утомления, амплитуда постепенно снижается. Таким образом, частота и амплитуда сигнала изменяются в зависимости от степени напряжения мышцы [1].

Успешность решения поставленной задачи во многом определяется степенью достоверности расшифровки биопотенциалов мышцы при планируемом движении. Точной классификации типа движения препятствует низкое отношение сигнал/шум в измерительной системе.

Сигнал ЭМГ способствует выявлению патологии со стороны мышечной и нервной ткани, а также места соединения мышцы и нерва (нейромышечный синапс). К этой патологии относится грыжа межпозвоночного диска, амиотрофический боковой склероз, миастения гравис. Также, электромиография способствует определению причины слабости, паралича или подергивания мышцы. Нарушения со стороны мышц, нервов, спинного мозга или отдела головного мозга, которые могут вызывать такие изменения.

Для того чтобы использовать данные электромиографии не только для диагностики возможных нарушений в нервно-мышечной системе, но и для контроля в процессе терапевтических процедур необходимо получать параметры сигнала, которые явно свидетельствуют о патологии и ее степени.

Традиционно полученные сигналы оцениваются визуально специалистом, по расчетам статистических параметров или спектральным анализом. Однако, это требует квалифицированного медперсонала и не учитывает нестационарный характер ЭМГ сигнала. Это не дает возможности использовать их для подбора оптимальных стимулирующих воздействий в адаптивных электромажассажных аппаратах.

В то же время, известен метод частотно-временного представления сигналов в режиме реального времени. Он основан на быстром оконном преобразовании Фурье в соответствии с формулой:

$$S_x^w(\tau_k, f) = \int [x(t) \cdot w^*(t - \tau_k)] \cdot e^{-j2\pi f t} dt,$$

где $x(t)$ - сигнал ЭМГ; τ_k - сдвиг во времени (k – номер сдвига); f – частота; w^* - оконная и ее комплексно-сопряженная функции [2].

Участок спектрограммы для текущего окна:

$$X^w(t) = |S_x^w(\tau_k, f)|^2.$$

Скользящие окна во времени позволяют получить результирующую спектрограмму в виде матрицы, размерность которой определяется выбранными временным и частотным диапазонами. Элементами матрицы являются амплитудные значения ЭМГ $U(f, t)$.

При проведении количественного анализа сигнала определяются такие параметры как граничные частоты, медианная частота, средняя амплитуда сигнала и др.

В качестве количественного критерия для оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека целесообразно использовать показатель отношения средней амплитуды ЭМГ-сигнала к эффективной ширине спектра $U_{cp}/\Delta f$, мкВ/Гц. Такой амплитудно-частотный критерий в норме должен существенно превышать показатели при патологии [2].

Спектрограмма обладает достаточной информационной емкостью, позволяет оценить качественно и количественно функциональное состояние нервно-мышечной системы, а также в определенных случаях выбрать такие параметры стимулирующих воздействий терапии, которые адекватны конкретному пациенту или рассматриваемой группе мышц.

Выводы. Частотно-временной метод анализа ЭМГ-сигнала позволяет учесть его нестационарность и получить количественный показатель функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека. Он позволяет выявлять патологии и их развитие, что особенно важно при терапии, в частности, при электростимуляции или при проведении электромажассажных процедур, т.к. возможен индивидуальный подбор оптимальных в определенном смысле стимулирующих воздействий, приводимый к эффективной реабилитации.

Литература:

1. Скиданов А. Г., Спектральный анализ электромиограмм мышц спины при дегенеративных заболеваниях позвоночника // А.Г. Скиданов, Д.Р. Дуплий, В.А. Колесниченко, В.А. Радченко ISSN 0030-5987. Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 1 – С. 98-105.

2. Меженная М.М., Осипов А.Н., Метод частотно-временного анализа суммарной электромиограммы в оценке функционального состояния нервно-мышечного аппарата человека // Проблемы физики, математики и техники, № 1 (10), 2012. С. 105 – 112.