

О НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Носова Т.В., Жемчужкина Т.В., Коваленко Е.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61726, Харьков, пр.Ленина 14, каф. биомедицинских электронных устройств и систем, тел. 702-13-64, email: tpeck@mail.com

This work is dedicated to determination of informative quantitative characteristics for EMG-signal for further differentiation of the neural-muscle system state. In this work quantitative statistical temporal characteristics of EMG-signal and quantitative statistical geometrical characteristics are researched. Obtained characteristics are statistically independent and have additional diagnostic information about the neural-muscle system state.

Введение. Электромиография — метод электрофизиологической диагностики поражений нервно-мышечной системы, состоящий в регистрации электрической активности (биопотенциалов) скелетных мышц.

Различают спонтанную электромиограмму, отражающую состояние мышц в покое или при мышечном напряжении (произвольном или синергическом), а также вызванную, обусловленную электрической стимуляцией мышцы или нерва. Электромиография (ЭМГ) позволяет проводить топическую диагностику поражения нервной и мышечной систем (надсегментарных пирамидных и экстрапирамидных структур, мотонейронов передних рогов, спинномозговых корешков и нервов, нервно-

мышечного синапса и собственно иннервируемой мышцы), оценивать тяжесть, стадию, течение заболевания, эффективность применяемой терапии.

Анализ микроструктуры интерференционной ЭМГ, отведенной накожными электродами, позволяет выявлять патологические изменения в периферической части двигательного аппарата – мышце, а также в нервных проводниках и передних рогах спинного мозга. Специфические изменения величины электрической активности и ее распределение отражают функциональные нарушения опорно-двигательного аппарата. Это обусловило применение электромиографии при обследовании больных с различными двигательными нарушениями для диагностики, определения степени и распространенности поражения, оценки эффективности лечения.

На настоящий момент не существует набора количественных показателей, однозначно дифференцирующих патологии нервно-мышечной системы. Более подробное изучение и анализ ЭМГ позволит, на наш взгляд, обеспечить не только дифференцирование патологий, но и обнаруживать эти патологии на более ранних стадиях, а также сократить время диагностирования [1,2].

Для достижения поставленной цели необходимо исследовать различные количественные характеристики ЭМГ-сигнала и выбрать наиболее значимые.

Сущность. Среди методов анализа во временной области можно выделить два направления: статистические методы, основанные на оценке различных статистических характеристик, и геометрические методы, заключающиеся в оценке формы и параметров гистограммы распределения.

В работе используются предложенные методы анализа ЭМГ-сигнала: статистический и геометрический [3].

Для получения достоверных статистических характеристик предлагается ЭМГ-сигнал пронормировать. На рисунке 1 приведен фрагмент пронормированного ЭМГ-сигнала.

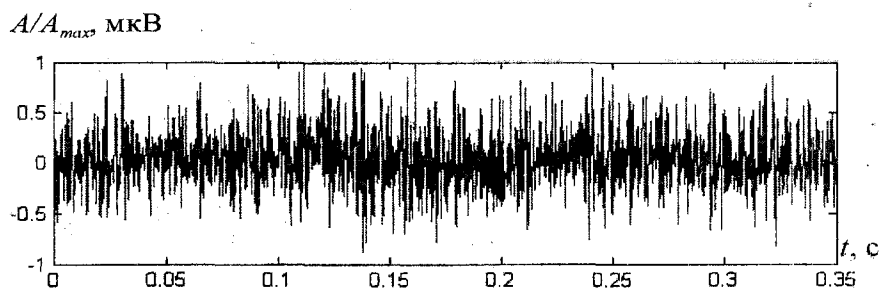


Рисунок 1 — Фрагмент нормированного ЭМГ-сигнала

Простейшими статистическими характеристиками ЭМГ являются средние значения (математическое ожидание) амплитуд M_A и длительностей M_T колебаний ЭМГ и их среднеквадратические отклонения SD_A и SD_T . Для анализа ЭМГ-сигнала вычислялись также статистические характеристики более высоких порядков: асимметрия амплитуд As_A и длительностей As_T ; эксцесс амплитуд Ex_A и длительностей Ex_T . В настоящее время для количественного дифференцирования состояний нервно-мышечной ткани (норма, нейропатия, нейронпатия и др.) предложено использовать среднеквадратическое отклонение (СКО) ЭМГ-сигнала. Можно дифференцировать ЭМГ-сигналы в отдельные группы по плотности распределения количественных показателей, не только по СКО, но и по другим статистическим характеристикам.

Под геометрическими методами статистического анализа будем понимать оценку формы и параметров функции распределения плотности вероятности амплитуд и интервалов ЭМГ-сигнала. (т.е. амплитудной и интервальной гистограмм ЭМГ).

Для оценки формы и параметров функции распределения используем следующие стандартные количественные показатели:

мода (Mo) – наиболее часто встречающееся значение амплитуды, соответствует максимуму гистограммы;

амплитуда моды (AMo) – количество амплитуд, соответствующих значению моды, и $AMo\%$ – амплитуда моды в процентном отношении к общему их количеству;

вариационный размах (Δ) – ширина основания гистограммы.

Мы также используем параметры, полученные из аппроксимации гистограммы треугольником:

-треугольный индекс (TI) – отношение общего количества амплитуд ЭМГ-сигнала к амплитуде моды (AMo), т.е. отношение площади треугольника к его высоте;

-параметр наклона (H), вычисляется по следующей формуле:

$$H = \frac{Mo - Min}{Max - Mo},$$

где Min – минимальное значение амплитуды ЭМГ-сигнала,

Max – максимальное значение амплитуды ЭМГ-сигнала.

Параметр наклона гистограммы (H) характеризует направление и степень наклона гистограммы (рис. 2).

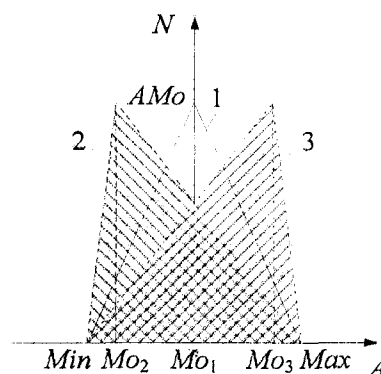


Рисунок 2 — Аппроксимация гистограммы распределения амплитуд треугольником: 1 – параметр наклона $H = 1$; 2 – параметр наклона $H < 1$; 3 – параметр наклона $H > 1$.

Для определения соответствия экспериментальной гистограммы распределения амплитуд ЭМГ-сигнала нормальному закону вычислим параметр отклонения экспериментальной гистограммы от теоретической $\Delta S_{норм}$ (%) (рис. 3):

$$\Delta S_{норм} = \frac{\sum (H_A(X_A) - N(X_A))^2}{\sum N(X_A)^2} \cdot 100\%,$$

где H_A – значения экспериментальной гистограммы распределения амплитуд ЭМГ сигнала;

X_A – значения амплитуд ЭМГ в интервалах, рассчитанных для экспериментальной гистограммы;

N – значения теоретической нормальной гистограммы.

Для определения отклонения экспериментальной гистограммы распределения от экспоненциального закона вычислим параметр $\Delta S_{эксн}$ (%) (рис. 4):

$$\Delta S_{эксн} = \frac{\sum (H_T(X_T) - E(X_T))^2}{\sum E(X_T)^2} \cdot 100\%,$$

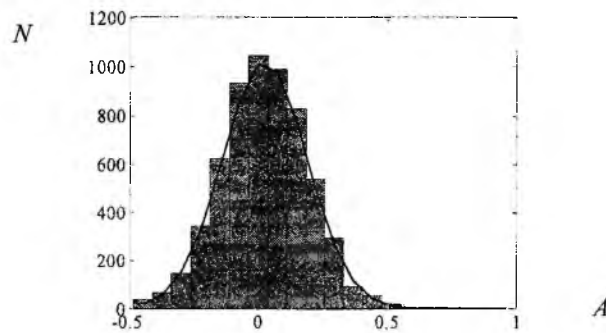


Рисунок 3 — Аппроксимация нормальным законом гистограммы распределения амплитуд низкочастотного ЭМГ-сигнала ($\Delta S_{\text{норм}} = 0,39\%$)

где N_T - значения экспериментальной гистограммы распределения длительностей полувольт ЭМГ-сигнала;

X_T - значения длительностей полувольт ЭМГ в интервалах, рассчитанных для экспериментальной гистограммы;

E - значения теоретической экспоненциальной гистограммы.

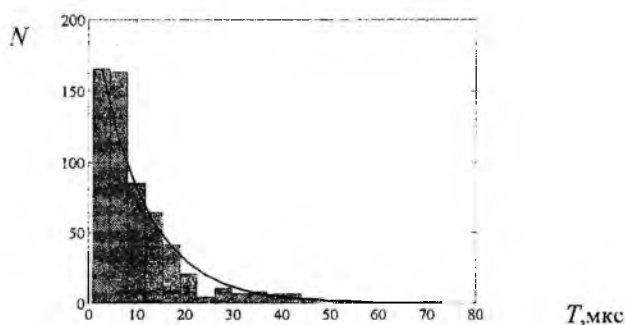


Рисунок 4 — Аппроксимация экспоненциальным законом распределения гистограммы распределения длительностей полувольт ЭМГ-сигнала с патологией ($\Delta S_{\text{экси}} = 4,9\%$)

Выводы. В работе предложен набор количественных показателей ЭМГ-сигнала. При дальнейшем статистическом анализе предложенных количественных показателей возможен выбор набора информативных показателей, позволяющих диагностировать и дифференцировать различные виды патологий нервно-мышечной ткани.

Литература: 1. Румянцева М.Ф., Лосева Т.Н., Бунина Т.П. Руководство к практическим занятиям по физиологии с основами анатомии человека. - М.: Медицина, 1986.-301 с. 2. Гаусманова-Петрусевич Я. Мышечные заболевания. - Варшава: Польское гос. мед. изд-во, 1971.-440 с.3.Носова Т.В., Радченко В.И., Семенец В.В. Способ обработки миографической информации // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. -2005.- випуск 5(5).- С. 78-83.