

УДК 616-073.97

ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О НОРМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ АМПЛИТУД ЭЛЕКТРОМИОГРАММ ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ

Самуйлов И.В.

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

Научный руководитель: Давыдов М.В. – канд. техн. наук, доцент, первый проректор БГУИР

Аннотация. В работе представлены результаты проверки гипотезы о нормальном законе распределения электромиограмм жевательных мышц в состоянии покоя. Исследовались критерий размаха амплитуды электромиографического сигнала. Были проанализированы данные электромиографии двухсот пациентов. В качестве критериев проверки гипотезы о нормальном законе распределения данных использовались пять критериев: коэффициент вариации, отклонение несмещенного коэффициента асимметрии и эксцесса от стандартного отклонения коэффициента асимметрии и эксцесса, критерий Лиллифорса, критерий Андерсона-Дарлинга. Гипотеза о нормальном законе распределения размаха амплитуды для неспецифических методов отвергалась для 7-40 % пациентов. Для специализированных критериев Лиллифорса, Андерсона-Дарлинга гипотеза отвергалась для 82-91% пациентов.

Ключевые слова: электромиография, нормальное распределение, мышцы челюстно-лицевой области, критерий Лиллифорса, критерий Андерсона-Дарлинга.

Введение. Основным методом анализа функционального состояния мышечного комплекса выступает электромиографический метод (ЭМГ), основанный на регистрации биопотенциалов. При этом в литературе редко встречаются сведения о законе распределения ЭМГ. Априорно считается, что распределение имеет нормальный вид.

Вид закона распределения имеет колоссальное значение при одновременном анализе активности мышц группы пациентов. Примером данного типа анализа может служить построение карт распределения амплитуд.

В данной статье автором показано, что распределение размаха амплитуд ЭМГ жевательных мышц является нормальным только условно. Хорошие результаты (89%) показывает только не специфические тесты. При использовании специфических тестов количество пациентов с не отвергнутой гипотезой о нормальном законе распределения составляет для теста от до, для теста от до.

Основная часть. В работе анализируются электромиограммы жевательных мышц находившихся в состоянии покоя. Обработаны значения 200 пациентов. Частота дискретизации составляла 2кГц. Данные каждого канала ЭМГ пациента разбивались на интервалы по 0,1с. Данные ЭМГ обрабатывались в программной среде *Matlab 2020R*. Далее на каждом интервале определялся размах амплитуды ЭМГ сигнала. Полученные таким образом распределения амплитуд анализировались пятью методами:

1) Коэффициент вариации, рассчитывается по формуле 1 [1]. Если значение коэффициента вариации превышает 0,33, то гипотеза о нормальности распределения данных выборки не подтверждается.

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (1)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение;

\bar{x} – среднее значение, по выборке X .

Анализ отклонения несмещенного коэффициента асимметрии от стандартного отклонения коэффициента асимметрии. Коэффициент асимметрии характеризует направление

и величину сдвига главной моды распределения [2]. Рассчитывается данный критерий по формулам 2–5.

$$|G_1| \leq 3 \cdot S_{G_1} \quad (2)$$

$$g_1 = \frac{\sqrt{N} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right)^3}} \quad (3)$$

$$G_1 = \frac{\sqrt{N \cdot (N-1)}}{N-2} \cdot g_1 \quad (4)$$

$$S_{G_1} = \sqrt{\frac{6 \cdot (N-1)}{(N-2) \cdot (N+1) \cdot (N+3)}} \quad (5)$$

где g_1 – коэффициент асимметрии;

G_1 – Несмещенный коэффициент асимметрии;

N – Количество элементов в выборке;

S_{G_1} – среднее квадратическое отклонение коэффициента асимметрии.

Анализ отклонения коэффициента эксцесса от среднее квадратического отклонения коэффициента эксцесса. Коэффициент эксцесса дает информацию о характеризующую крутость графика по сравнению с кривой Гаусса [2]. Рассчитывается данный критерий по формулам

6 – 9.

$$|G_2| \leq 5 \cdot S_{G_2} \quad (6)$$

$$g_2 = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right)^2}} - 3 \quad (7)$$

$$G_2 = \frac{(N-1) \cdot ((N+1) \cdot g_2 + 6)}{(N-2) \cdot (N-3)} \quad (8)$$

$$S_{G_2} = \sqrt{\frac{24 \cdot N \cdot (N-1)}{(N-1)^2 \cdot (N+3) \cdot (N+5)}} \quad (9)$$

4) Критерий Лиллиефорса (*Lilliefors*) [3]. Данный метод является вариантом классического критерия Колмогорова-Смирнова, специально модифицированного для проверки нормальности, рассчитывается по формуле. Критерий Лиллиефорса также, как и критерий Колмогорова-Смирнова, вычисляется как максимальная разность функции распределения величины и функции нормального распределения. Величина считается согласной нормальному закону распределения, если значение критерия для неё меньше критического, определяемого из таблицы критических значений.

$$D_N^+ = \max_{1 \leq i \leq N} \left(\frac{i}{N} - F(x_i) \right), \quad D_N^- = \max_{1 \leq i \leq N} \left(F(x_i) - \frac{i-1}{N} \right) \quad | \text{где } i = 1 \dots N \quad (10)$$

$$LF = \max(D_N^+, D_N^-)$$

5) Критерий Андерсона-Дарлинга [4]. Применяется при проверке эмпирического распределения $F_n(x)$ и теоретического закона $F(x, \theta)$, то есть для проверки гипотезы об нормальном законе распределения.

$$S_{\Omega} = -N - 2 \cdot \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{2 \cdot i - 1}{2 \cdot N} \cdot \ln(F(x_i, \theta)) + \left(1 - \frac{2 \cdot i - 1}{2 \cdot N} \right) \cdot \ln(1 - F(x_i, \theta)) \right\} \quad (11)$$

где N – Количество элементов в выборке;

x_1, x_2, \dots, x_n – упорядоченные по возрастанию элементы выборки.

Если рассматривать гистограммы распределения отдельных пациентов наблюдается неоднозначная информация о законе распределения, см. рисунок 1. Можно наблюдать распределения, которые как описываются по нормальному закону, так и не описываются.

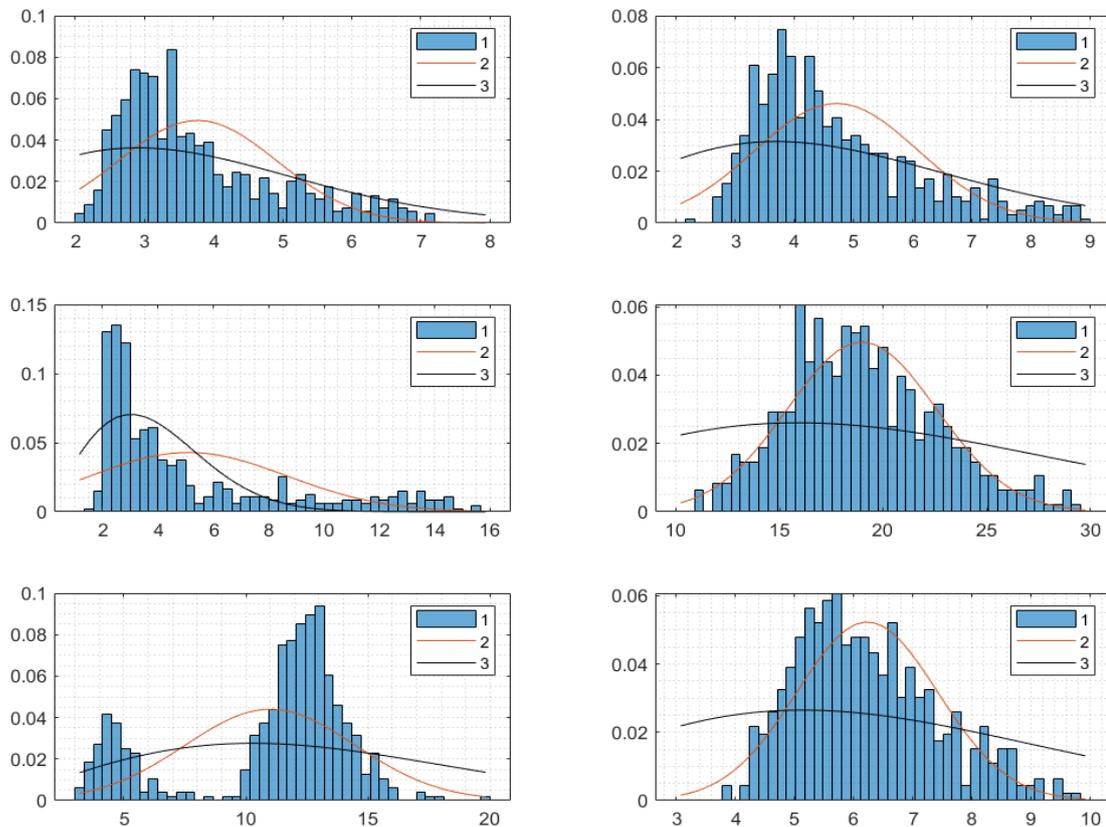


Рисунок 1 – Гистограммы распределения размаха амплитуд отдельных пациентов, где 1–гистограмма, 2 – нормальное распределение, 3 – распределение Рэлея

Из данных, представленных в таблице 1 заметно, что гипотеза о нормальном законе распределение амплитуды ЭМГ не отвергается у большинства пациентов. Однако если использовать специальные методы, то процент не отвергаемой гипотезы о нормальности распределение сокращается до незначительных 9-10%

Таблица 1 – Процент пациентов с не отклонённой гипотезой о нормальности распределения амплитуды ЭМГ.

мышца	Тип критерия				
	Анализ коэф. вариации	Анализ отклонения коэф. асимметрии от стандартного отклонения коэф. асимметрии	Анализ отклонения эксцесса от стандартного отклонения эксцесса	Критерий Лиллифорса	Критерии Андерсона-Дарлингга
правая жевательная мышца	93%	77%	60%	18%	9%
левая жевательная мышца	89%	81%	64%	17%	10%

Заключение. Проведен анализ гипотезы о нормальном распределении размаха амплитуды электромиограмм жевательных мышц. Гипотеза о нормальном законе распределения размаха амплитуды для неспецифических методов отвергалась для 7-40 % пациентов. Для специализированных критериев Лиллифорса, Андерсона-Дарлингга гипотеза отвергалась для 82-91% пациентов. Из этих данных следует вывод о том, что распределение размаха амплитуд не описывается нормальным законом распределения. Проанализировав форму распределения размаха амплитуд, можно прийти к выводу о характерной правосторонней асимметрии, что характерно для логарифмически нормальных распределений. Следовательно, кажется перспективным исследовать на соответствие нормальному закону распределения иные критерии электромиографического сигнала.

Список литературы

1. Грибовский, С.В. О повышении достоверности оценки рыночной стоимости методом сравнительного анализа/С.В. Грибовский, Н.П. Баринев, И.Н. Анисимова// Вопросы оценки. –2002.–№1-С.2-10
2. Ребро, И.В. Прикладная математическая статистика для технических специальностей: учеб. пособие / И.В. Ребро, В.А. Носенко, Н.Н. Короткова; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград: ИУНЯ ВолгГТУ, 2011. – 149 с.
3. Кайда, А. Ю. Проверка согласованности атрибутов набора данных с нормальным законом распределения / А. Ю. Кайда, И. А. Рыбаченко // Молодежь и современные информационные технологии : Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22–26 марта 2021 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. – С. 351-352.
4. Лемешко, Б. Ю. Модели распределений статистик непараметрических критериев согласия при проверке сложных гипотез с использованием оценок максимального правдоподобия. Ч. 1 / Б. Ю. Лемешко, С. Б. Лемешко // Измерительная техника. – 2009. – № 6. – С. 3-11.

UDC 616-073.97

HYPOTHESIS TESTING ABOUT THE NORMAL DISTRIBUTION ELECTROMYOGRAM AMPLITUDE OF MATERAL MUSCLE

Samuilau I.V.

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

Davydov M.V. – PhD, assistant professor, first vice-rector of BSUIR

Annotation. The paper presents the results of testing the hypothesis about the normal distribution of electromyograms of masticatory muscles at rest. The criterion of the amplitude range of the electromyography signal was studied. Electromyography data of two hundred patients were analyzed. Five criteria were used as criteria for testing the hypothesis about the normal law of data distribution: the coefficient of variation, the deviation of the unbiased skewness and kurtosis from the standard deviation of the skewness and kurtosis, the Lillifors test, and the Anderson-Darling test. The hypothesis of a normal distribution of the amplitude range for non-specific methods was rejected for 7-40% of patients. For specialized Lillifors, Anderson-Darling criteria, the hypothesis was rejected for 82-91% of patients.

Keywords: electromyography, normal distribution, muscles of the maxillofacial region, Lilliefors test, Anderson-Darling test.