

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДВУМЕРНОЙ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОСТИ АМПЛИТУД БИЛАТЕРАЛЬНЫХ МЫШЦ НА ПРИМЕРЕ M.TEMPORALIS И M.MASSETER

Самуйлов И.В.

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

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

Аннотация. Предложен алгоритм и критерии оценки несимметричной мышечной активности. Предложенный алгоритм анализирует двухмерную плотность вероятности распределения разницы амплитуд. Показателем неравномерности активности выступает сумма вероятности попадания в области с различным типом преобладающей активности.

Ключевые слова. электромиография, masseter, temporalis, ЭМГ, двумерная функция плотности вероятности, несимметричная активность, перекрестная активность

Введение. В стоматологической практике крайне важно оценить функциональное состояние мышц temporalis и masseter для оценки функционального состояния мышечно-суставного комплекса височно-нижнечелюстного сустава [1]. Неравномерность в мышечной активности может быть вызвана видом прикусом, функциональными изменениями в височно-нижнечелюстном суставе, окклюзионными контактами, болями в челюстно-лицевой области, функциональными изменениями в мышечном комплексе, совокупностью отдельных факторов [2]. Для оценки неравномерности в мышечной активности авторами предложено использовать двумерную плотность распределения вероятности разности амплитуд электромиограмм.

Самый распространённый метод оценки функционального состояния мышечно-суставного комплекса височно-нижнечелюстного сустава в стоматологической практике – метод поверхностной электромиографии (ЭМГ) мышц m Temporalis и m. Masseter [3]. Метод поверхностной электромиографии – это диагностический метод, который регистрирует биоэлектрические сигналы, генерируемые мускулатурой, с помощью измерительных электродов, расположенных на поверхности кожи.

Основная часть. При исследовании спонтанной активности мышц в состоянии покоя длительность записи электромиограммы обычно составляет от 48 до 60с [4]. После записи ЭМГ полученные данные разбивались на интервалы длительностью 0,1с. На каждом интервале определялась амплитуда ЭМГ сигнала, путем нахождения разности между максимальной и минимальной точкой на электромиограмме. Таким образом, определялся вектор амплитуд длительность до 600 точек. Для оценки несимметричной активностью из вектора со значениями амплитуд правых мышц отнимался вектор амплитуд левых мышц. Таким образом положительные числа свидетельствуют об преобладании правых мышц. После получения итогового вектора разности амплитуд определялось математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение. После этого по формуле 1 проводился расчёт двумерной плотности распределения амплитуды ЭМГ.

$$f_{XY}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} e^{-\frac{(x-m_x)}{2\sigma_x^2} - \frac{(y-m_y)}{2\sigma_y^2}} \quad (1)$$

где x – значение разности амплитуд мышц *m. Temporalis*, мкВ;

y – значение разности амплитуд мышц *m. Masseter*, мкВ;

m_x, m_y – математическое ожидание разности амплитуды ЭМГ для *m. Temporalis* и *m. Masseter* соответственно;

σ_x, σ_y – среднее квадратичное отклонение разности амплитуды ЭМГ для *m. Temporalis* и *m. Masseter* соответственно.

В качестве критерия оценки неравномерности активности мышц, рассчитывалась вероятность попадания в области с различным типом преобладающей активности: область с правосторонней активностью, левосторонней и области с перекрёстной мышечной активностью. В таблице 1 данные сведения об амплитудах и среднеквадратических отклонения амплитуд, необходимые для расчёта двумерной функции плотности распределения разности амплитуд.

Таблица 1 – Значения амплитуды, разности амплитуды и среднеквадратического отклонения амплитуды/разности ЭМГ нескольких пациентов, необходимые для расчета двумерной плотности вероятности

Пациент	Среднее значение амплитуды ± 3 СКО, мкВ					
	temporalis			masseter		
	Правая мышца	Левая мышца	Разница мышц	Правая мышца	Левая мышца	Разница мышц
Пациент 1 до применения индивидуальной расслабляющей шины	7,4 \pm 8,1	5,1 \pm 6,0	2,3 \pm 8.6	7,2 \pm 6,6	8,2 \pm 9.9	-1,0 \pm 10,5
Пациент 1 после применения индивидуальной расслабляющей шины	6,0 \pm 6,8	4,2 \pm 4,2	1,8 \pm 6,4	2,7 \pm 2,4	4.0 \pm 3.9	-1,4 \pm 3,4

На рисунке 1 представлены двумерные плотности распределения вероятности разности амплитуд в состоянии покоя. Рисунок разбит на элементарные ячейки размерностью 0,1 \times 0,1 мкВ. Иными словами, вся область рисунка состоит из 40 000 элементарных ячеек. В каждой ячейке рассчитывался значение двумерной плотности вероятности. Цвет каждой ячейки соответствует значению рассчитанного двумерной плотности вероятности. Белым цветом показана область со значениями вероятности от 100 до 90% от максимального значения плотности вероятности. Голубым цветом – от 90 до 80%, от максимальной плотности вероятности и т.д., и цветовая шкала представлена на каждом рисунке со значениями плотности вероятности.

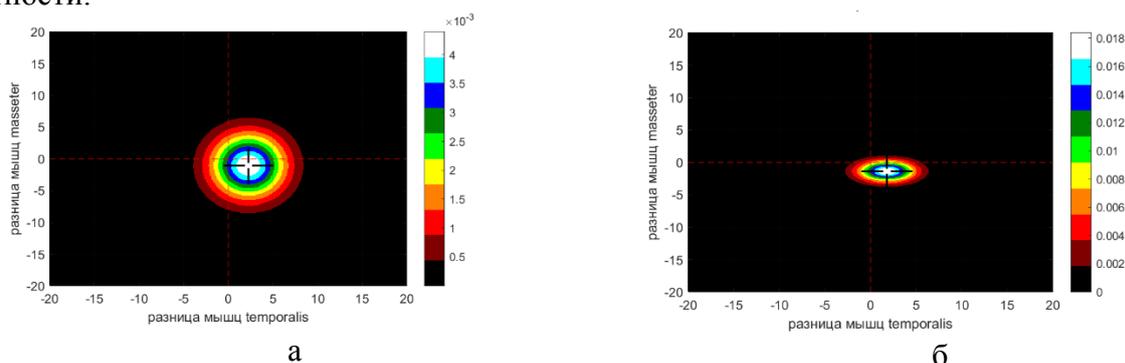


Рисунок 1– Визуализация двумерной плотности вероятности разницы амплитуды ЭМГ мышц *temporalis* и *masseter*. Где а- пациент 1 до индивидуальной расслабляющей каппы, б- пациент 1 после индивидуальной расслабляющей каппы

Как видно из данных представленных в таблице 2 и на рисунке 1а,б заметно что разброс разности амплитуд значительно уменьшился. То есть увеличилась стабильность данных на ЭМГ. Также несмотря на незначительное смещение координаты максимума вероятности (математического ожидания разности амплитуд) тип активности значительно изменился. После одного месяца ношения индивидуальной расслабляющей шины увеличилось преобладание перекрёстной активности мышц – правой *m. Temporalis* и левой *m. Masseter*.

Таблица 2 – Рассчитанные коэффициенты

Пациент	Координата максимума плотности вероятности	Номер четверти и описание преобладающей активности мышц, в %*			
		1 четверть (преобладают правых мышц)	2 четверть (преобладают пр. m.Temporalis и лев. m.Masseter)	3 четверть (преобладают левых мышц)	4 четверть (преобладают пр. m.Temporalis и лев. m.Masseter)
1 до применения индивидуальной расслабляющей шины	(2.3,-1.0)	29	48	13	8
1 после применения индивидуальной расслабляющей шины	(1.8,-1.4)	9	70	17	2

Примечание: – сумма вероятности попадания во все четверти области не равна 100% из-за наличия области где отсутствует разница в активности между исследуемыми мышцами.

Заключение. Предложен алгоритм оценки неравномерности в активности исследуемых мышц, на основании двумерного распределения плотности вероятности разницы амплитуды ЭМГ исследуемых мышц. Предложен критерий оценки неравномерности мышечной активности на основании суммы вероятности попадания в исследуемые области. Выполнен анализ изменения активности мышц у пациента при применении индивидуальной расслабляющей шины. Показаны диагностические преимущества описанного критерия в сравнении с анализом разности амплитуд.

Список литературы.

1. Особенности диагностики пациентов с мышечно-суставной дисфункцией зубочелюстной системы в сочетании с патологической стираемостью зубов/ И.Н. Барадина [и др.]// *Стоматолог.* – 2014. – №1(12). – С.50-54.
2. Лобко, В.А. Комбинированные методы лечения хронической патологии жевательных мышц/ В.А. Лобко, И.Н. Барадина, С.М. Манкевич// *Стоматолог.* – 2011. – №2(2). – С.98-102.
3. Анализ функционального состояния мышц челюстно-лицевой области у стоматологических пациентов с признаками бруксизма в сочетании с синдромом обструктивного апноэ во сне/С.П. Рубникович [и др.]// *Доклады Национальной академии наук Беларуси.* – 2020. – 64(3). – С.341-349.
4. Самуйлов, И.В. Алгоритм анализа паттерна движения мышечно-суставного комплекса височно-нижнечелюстного сустава на основе обработки многоканальных электромиограмм/ И.В. Самуйлов [и др.]// *Доклады БГУИР.* – 2020. – №8. – С.53-61.

UDC 616-073.97

ALGORITHM FOR ESTIMATING MUSCLE ACTIVITY UNEQUALITY BASED ON ANALYSIS OF TWO-DIMENSIONAL DENSITY OF DISTRIBUTION OF MUSCLE AMPLITUDES M. TEMPORALIS AND M. MASSETER

Ivan V. Samuilov

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

(Minsk, Republic of Belarus)

Scientific adviser: Davydov M.V. – PhD, associate professor

Annotation. An algorithm and criteria for evaluating asymmetric muscle activity are proposed. The proposed algorithm analyzes the two-dimensional probability density of the amplitude difference distribution. The indicator of the unevenness of activity is the sum of the probability of hitting an area with a different type of predominant activity..

Keywords. electromyography, masseter, temporalis, EMG, bivariate probability density function, asymmetric activity, cross activity.